



Suomen yleisten teiden ja tieliikenteen luonnonvarojen kulutus

- tutkimusmenetelmänä MIPS

Helsingin yliopisto
Maantieteen laitos
Luonnonmaantiede
pro gradu –tutkielma
syksy 2004
Kaisa Pusenius



Tiedekunta/Osasto) Fakultet/Sektion) Faculty Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta		Laitos) Institution) Department Maantieteen laitos
Tekijä) Författare) Author Kaisa Pusenius		
Työn nimi) Arbetets titel) Title Suomen yleisten teiden ja tieliikenteen luonnonvarojen kulutus -tutkimusmenetelmänä MIPS		
Oppiaine) Läroämne) Subject maantiede		
Työn laji) Arbetets art) Level pro gradu -tutkielma	Aika) Datum) Month and year marraskuu 2004	Sivumäärä) Sidoantal) Number of pages 96 s. + liitteet 48 s.
Tiivistelmä) Referat) Abstract <p>Tieliikenteen luontovaikutusten arvioinneissa on perinteisesti keskitytty tarkastelemaan liikennevälineiden ilmanpäästöjä, melua tai myrkyllisten aineiden valumista maaperään tai vesistöihin. Liikenteen luonnonvarojen kulutusta on tutkittu vain vähän. Tässä pro gradu – tutkielmassa pyritään arvioimaan Suomen yleisten teiden ja tieliikenteen luonnonvarojen kulutusta uusiutumattomien ja uusiutuvien luonnonvarojen, veden ja ilman osalta. Tarkoituksena on selvittää, kuinka paljon tieliikenne kuluttaa luonnonvaroja ja miten kyseinen kulutus jakautuu tien päällä kulkevaa ajoneuvoa, ihmistä tai kuljetettua tavaratonnia kohden.</p> <p>Tutkimuksen kohteiksi valittiin neljä eri tieluokan tieosuutta ja kuusi erilaista ajoneuvoa. Tutkimusmenetelmänä käytettiin Saksassa Wuppertal-instituutissa 1990-luvun alkupuolella kehitettyä MIPS-menetelmää. MIPS muodostuu sanoista Material Input Per Service unit eli materiaalipanostus jaettu palvelusuuritteella. Mittari koostuu MI-luvusta (tuotteen tai palvelun koko elinkaarenaikainen materiaalin kulutus) ja S-luvusta (tuotteen tai palvelun antama palvelusuurite). Mitä pienemmäksi MIPS-luku saadaan, sitä ympäristöystävällisempi hyödyke on. MIPS-menetelmän mukaan nopeasti kasvavat materiaalivirrat muuttavat maailman ekologista tasapainoa ja siten ihmisten kulutustottumusten on muututtava.</p> <p>Yleisten teiden ja tieliikenteen MIPS-luvut laskettiin neljässä kategoriassa: abioottiset eli uusiutumattomat luonnonvarat, bioottiset eli uusiutuvat luonnonvarat, vesi ja ilma. Tutkimuksessa laskettiin MIPS-luvut jokaisen tieluokan osalta erikseen. Teiden MI-lukuihin eli elinkaarenaikaisiin kulutuksiin laskettiin kaikki tien infrastruktuurin aiheuttamat kulutukset sekä kaikki tien päällä kulkevat ajoneuvot kulutuksineen 60 vuoden ajalta. Tämä luku suhteutettiin tien tarjoamaan palveluun (S) nähden eli ajoneuvokilometreihin / henkilökilometreihin / tonnikipometreihin riippuen siitä, millaisella ajoneuvolla tien päällä kuljetaan. Lopputuloksena saatiin tieto, kuinka paljon henkilöautolla tai muulla ajoneuvolla ajaminen esimerkiksi moottori- tai seututiellä kuluttaa luonnonvaroja jokaista kuljettua kilometriä kohden.</p> <p>Tien infrastruktuurin osalta suurimmat luonnonvarojen kulutukset aiheutuvat tien rakentamisvaiheesta ja tien käytön aikana liikenne muodostaa merkittävän osan erityisesti veden ja ilman kulutusten osalta. Moottoritiet kuluttavat 60 vuoden aikana yli kymmenen kerta enemmän luonnonvaroja kuin esimerkiksi seututiet. Kun elinkaarenaikainen kulutus suhteutetaan tien tarjoamaan palveluun nähden, tulos muuttuu. Mitä suuremmalla tieluokalla ajetaan, sitä vähemmän kuluu luonnonvaroja ajoneuvon kulkemaa kilometriä kohden, sillä vilkasliikenteisten teiden käyttösuhte on pienempiä tieluokkia tehokkaampaa.</p> <p>Tieliikenteen luonnonvarojen kulutuksen arviointia MIPS-menetelmän avulla ei ole toteutettu tämän tutkimuksen ohella kuin Saksassa. Tutkielma on osa laajempaa FIN-MIPS Liikenne –hanketta, jonka koordinoijana on toiminut Suomen Luonnonsuojeluliitto ja tilaajina Ympäristöministeriö, Liikenne- ja viestintäministeriö, Tiehallinto, Ratahallintokeskus, Merenkululaitos ja Ilmailulaitos.</p>		
Avainsanat) Nyckelord) Keywords MIPS, luonnonvarojen kulutus, yleiset tiet, tieliikenne, elinkaari		
Säilytyspaikka) Förvaringsställe) Where deposited Kumpulan tiedekirjasto		
Muita tietoja) Övriga uppgifter) Additional information		

1 JOHDANTO.....	3
2 SUOMEN TIESTÖN LUONNONMAANTIETEELLINEN TAUSTA.....	4
2.1 Geologinen tausta.....	5
2.2 Geomorfologinen tausta.....	7
2.3 Hydrografinen tausta.....	9
2.4 Ilmastollinen tausta	9
2.5 Biologinen tausta	10
3 MIPS-AJATTELUN LÄHTÖKOHDAT.....	12
3.1 MIPS – uusi näkökulma ympäristönsuojeluun	12
3.2 Osana kansainvälistä haastetta	14
3.3 Aikaisempi tutkimus aiheesta	17
4 TUTKIMUSKOhteena SUOMEN YLEISET TIET	18
4.1 Yleiset tiet lyhyesti	18
4.2 Tutkimuksessa tarkastellut ajoneuvot	20
4.2.1 Henkilöauto	20
4.2.2 Linja-auto	21
4.2.3 Pakettiauto ja kevyt kuorma-auto	21
4.2.4 Puoliperävaunurekka ja täysperävaunurekka	22
4.3 Tutkimukseen valitut tiet	22
4.3.1 Yhdystie	23
4.3.2 Seututie	25
4.3.3 Valtatie	26
4.3.4 Moottoritie	28
5 TUTKIMUSMENETELMÄNÄ MIPS	30
5.1 MIPS-luku.....	30
5.1.1 Materiaalipanos (MI).....	31
5.1.2 Palvelusuorite (S).....	34
5.2 Laskennan seitsemän vaihetta.....	34
5.3 Tavoitteena materiaalivirtojen pienentäminen.....	36
6 LASKENTA TÄSSÄ TUTKIMUKSESSA.....	37
6.1 Tapausesimerkkien valinta.....	38
6.2 Laskennan keskeisiä vaiheita.....	39
6.2.1 Elinkaaren määrittely	39
6.2.2 Materiaalitietojen laskentaa	40
6.2.3 Laskennassa käytettyjä oletuksia	42
6.2.4 Palvelusuoritteen valinta	44
6.2.5 Allokointi	45
6.3 Käytetyt lähteet	48
6.3.1 Menetelmän lähdetiedot.....	48
6.3.2 Materiaalitietojen lähdetiedot	48
6.4 Tietoihin liittyvät epävarmuudet.....	52

7 ELINKAARILASKUJEN TULOKSET	54
7.1 Henkilöliikenteen ajoneuvojen MI-luvut	54
7.2 Tavaraliikenteen ajoneuvojen MI-luvut.....	57
7.3 Yhdystien MI-luvut.....	61
7.4 Seututien MI-luvut	63
7.5 Valtatien MI-luvut	65
7.6 Moottoritien MI-luvut.....	67
8 MIPS-TULOKSET	69
8.1 Henkilöautoliikenteen luonnonvarojen kulutus eri tieluokan teillä.....	70
8.2 Linja-autoliikenteen luonnonvarojen kulutus eri tieluokan teillä.....	73
8.3 Pakettiautoliikenteen luonnonvarojen kulutus eri tieluokan teillä.....	74
8.4 Kevyen kuorma-autoliikenteen luonnonvarojen kulutus eri tieluokan teillä.....	75
8.5 Puoliperävaunullisen rekkaliikenteen luonnonvarojen kulutus eri tieluokan teillä	76
8.6 Täysperävaunullisen rekkaliikenteen luonnonvarojen kulutus eri tieluokan teillä.....	77
9 TULOSTEN SOVELTAMINEN.....	78
10 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	84
10.1 Tutkimustulosten arviointi	84
10.2 Menetelmän arviointi	86
10.3 Ehdotukset jatkotutkimukselle.....	88
KIITOKSET.....	90
LÄHTEET	91
 LIITTEET	
LIITE 1. Käytettyjä MI-kertoimia	
LIITE 2. Henkilöauton MI-laskujen taulukko	
LIITE 3. Linja-auton MI-laskujen taulukko	
LIITE 4. Pakettiauton MI-laskujen taulukko	
LIITE 5. Kevyen kuorma-auton MI-laskujen taulukko	
LIITE 6. Puoliperävaunurekan ja täysperävaunurekan MI-laskujen taulukko	
LIITE 7. Yhdystien MI-laskujen taulukko	
LIITE 8. Seututien MI-laskujen taulukko	
LIITE 9. Valtatien MI-laskujen taulukko	
LIITE 10. Moottoritien MI-laskujen taulukko	
LIITE 11. MIPS-luvut eri allokointimenetelmin laskettuna	

(Kannen valokuvat: Ylärivissä kaikki kuvat tekijän ottamia, alarivissä kaksi ensimmäistä kuvaa Tampereen kauppakamarin lehtiarkistosta (2004) ja viimeinen kuva tekijän.)

1 JOHDANTO

Tämä tutkimus käsittelee Suomen yleisten teiden ja tieliikenteen luonnonvarojen kulutusta. Tarkoituksena on tutkia yleisten teiden elinkaarenaikaisia materiaaliveirtoja ja suhteuttaa materiaalien kulutus teiden tarjoamaan palveluun. Tutkimusmenetelmänä on MIPS (Material Input Per Service unit), joka on kehitetty 1990-luvun alussa Saksassa Wuppertal-instituutissa (Schmidt-Bleek 2000).

Perinteisessä liikenteen luontovaikutusten arvioinneissa kuten YVA-arvioinneissa on keskitytty tarkastelemaan liikennevälineiden ilmanpäästöjä, melua tai myrkyllisten aineiden valumista maaperään tai vesistöihin. Tässä tutkimuksessa ilmanpäästöjen sijaan keskitytään luonnonvarojen (MIPS-käsitteen yhteydessä puhutaan usein materiaaleista) kulutuksen tarkasteluun: kuinka paljon tieliikenteen olemassaolo on vaatinut ja vaatii edelleen luonnonmateriaalien liikuttamista pois niiden alkuperäiseltä eli luonnolliselta paikaltaan. Esimerkiksi yhden kuparikilon käyttöönotto auton valmistukseen vaatii noin 350 kg:n abioottisten eli uusiutumattomien luonnonvarojen siirtämistä niiden luonnolliselta paikaltaan. Vastaavasti vettä siirtyy reilut 350 kg ja ilmaa lähes 2 kiloa (Wuppertal Institute 2003).

Tutkimuksessa tarkastellaan sekä tien infrastruktuuria että sen päällä kulkevia ajoneuvoja. Liikutetut materiaalit lasketaan koko rakennetun tien ja ajoneuvon elinkaaren ajalta ja tämä kulutettu materiaalmäärä suhteutetaan infrastruktuurista ja kulkuvälineestä saatavaan hyötyyn. Tieliikenteen luonnonvarojen kulutuksen arviointia MIPS-menetelmän avulla ei ole toteutettu tämän tutkimuksen ohella kuin Saksassa, joten tätä tutkimusta voidaan pitää urauurtavana alallaan. Saksan tutkimustulokset ovat julkaisemattomia, joten niitä ei saatu tämän tutkimuksen tueksi.

Tutkimuksessa pyrin löytämään vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- ✓ Kuinka paljon Suomen yleiset tiet ja tien päällä kulkevat ajoneuvot kuluttavat luonnonvaroja elinkaarensa aikana (MI-tulokset) ?
- ✓ Mikä vaihe tien ja ajoneuvon elinkaareissa vaatii eniten luonnonvarojen käyttöä?
- ✓ Miten eri tieluokkien tiet eroavat luonnonvarojen kulutuksiltaan?

- ✓ Kuinka paljon luonnonvaroja kuluu henkilöliikenteessä tai tavaraliikenteessä ajettaessa eri ajoneuvoilla ja eri tieluokan teillä? Miten kulutus suhteutuu tieliikenteestä saatavaan hyötyyn, ajoneuvo-, henkilö- ja tonnikilometreihin, nähden (MIPS-tulokset)?
- ✓ Kuinka paljon tiepiirit kuluttavat vuosittain luonnonvaroja MIPS-luvuilla laskettuna?

Tämä tutkimus on Helsingin yliopiston maantieteen laitokselle tehty pro gradu –työ, mutta tutkimus on myös osa laajempaa FIN-MIPS Liikenne –hanketta, jonka koordinoijana on toiminut Suomen Luonnonsuojeluliitto ja tilaajina Ympäristöministeriö, Liikenne- ja viestintäministeriö, Tiehallinto, Ratahallintokeskus, Merenkulkulaitos ja Ilmailulaitos. Hanke on koostunut viidestä eri osatutkimuksesta, jotka ovat tarkastelleet autotie-, pyörä-, raide-, lento- ja laivaliikennettä. Hankkeen tavoitteena on ollut tuottaa tietoa, joka mahdollistaa eri liikennevälineiden ekotehokkuuden vertailun ja tukee Liikenne- ja viestintäministeriön ekotehokkuutta koskevan tiedon keräämistä. Hankkeesta saatavat tulokset tulevat esittämään liikenteen eri sektoreiden ja toimijoiden kehittämismahdollisuuksia ekotehokkuuden kannalta ja siten auttamaan suunnittelu- ja investointiresurssien kohdentamista kestävästä kehityksen mukaisesti.

2 SUOMEN TIESTÖN LUONNONMAANTIEDELLINEN TAUSTA

” Tie, olkoon se kivinen polku, kärrytie tai monikaistainen moottoritie,
on osa maisemaa, jossa luonto ja kulttuuri kohtaavat.
Ihminen rakentaa liikenneväyliä ja liikkuu niitä pitkin,
luonto puolestaan luo edellytyksiä ja asettaa rajoituksia teiden
rakentamiselle sekä vaikuttaa myös tiellä liikkumiseen. Tie on sopeutettava
luonnon- ja kulttuurimaisemaan mahdollisimman hellävaraisesti
unohtamatta silti tehokkuutta.”
(Fogelberg 1974: 9)

Luonnonmaantiede on tiede, joka tutkii luonnonprosesseja, sen osia ja keskinäisiä suhteita, ilmiöiden alueellista esiintymistä sekä ihmisen ja luonnon välisiä suhteita. Ihmisen rakentaman infrastruktuurin kuten tiestön ja luontoympäristön suhteen tutkiminen on yksi osa niin kutsuttua soveltavaa luonnonmaantiedettä.

Suomen ensimmäiset tiet rakennettiin sopusuhtaisesti maiseman ja maastonmuotojen mukaisesti. Nykyisin liikenneväylät leikkaavat kohoumia ja kulkevat entisten notkojen alueilla

penkereiden päällä. Tekniikan kehityksestä huolimatta luonto määrää edelleen rakentamiselle reunaehdoja. Maan ja veden jakautuminen, korkeussuhteet, maa- ja kallioperän ominaisuudet, ilmasto- ja sääolot, kasvillisuus ja eläinten liikkuminen vaikuttavat kaikki osaltaan siihen, missä tie kulkee. Ihminen on tekniikan kehittymisen myötä saanut uusia välineitä luonnonesteiden voittamiseksi, mutta tästä huolimatta ihminen ja tekniikka eivät voi koskaan vapautua kokonaan luonnosta ja sen reunaehdoista (Fogelberg 1974: 9 – 10).

Rakentamiseen vaikuttavat luonnonmaantieteelliset taustat voidaan jakaa geologiseen, geomorfologiseen, hydrografiseen, ilmastolliseen ja biologiseen taustaan Fogelbergin (1974: 10) esittämän jaottelun mukaisesti. Luonnontieteellisistä taustoista osa vaikuttaa tiestön rakentamiseen ja ylläpitoon hyvin vahvasti vuodesta toiseen (kuten sääolot) ja osa on menettänyt merkitystään tieteen ja tekniikan kehittyessä (kallio- ja maaperän ominaisuudet). Nykyisin tienrakennuksessa pyritään huomioimaan luonto- ja maisemanäkökulmat mahdollisimman monipuolisesti ja tarkkailemaan tiestön ympäristövaikutuksia paitsi rakentamisvaiheessa myös myöhemmin käyttövaiheessa.

2.1 Geologinen tausta

Suomen korkokuva on muovautunut eri geologisten kausien maankuoren sisäisten (kuten vulkanismi) ja toisaalta ulkoisten (kuten ilmaston) vaikutusten seurauksena. Suomessa korkeuseroihin vaikuttavia tekijöitä ovat vanhat vuorenpoimutukset ja niihin liittynyt vulkanismi, lohkoliikunnot sekä erilaiset kuluttavat prosessit. Lisäksi kallioperän murrokset, rakoilu ja kivilajin kulumis- ja rapautumisominaisuudet vaikuttavat korkeussuhteisiin. Prosessien aiheuttamien korkeuserojen näkyminen tämän päivän maisemassa riippuu alueen ja muodostuman geologisesta iästä eli siitä, kuinka kauan kuluttavat prosessit ovat ehtineet vaikuttaa. Rapautuminen ja kuluttaminen aiheuttavat kasaumia ja eloperäiset kerrostumat pehmentävät kallioperän muotoja (Aartolahti 1989: 4).

Tänä päivänä Suomen pinnanmuotojen kehittyminen on hidasta. Suurkorkokuva muodostuu ikivanhasta peruskalliosta, joka tasoittui peneplaaniksi jo hyvin kauan aikaa sitten. Pääosa kallioperästämme syntyi noin 1,9-1,8 miljardia vuotta sitten, mutta vanhimmat osat ovat jopa 2,8-2,6 miljardia vuotta vanhoja (Tikkanen 1999: 30). Rakentamisen kannalta suurkorkokuvaa

merkittävimpiä ovat pienpiirteet, jotka ovat syntyneet ennen jääkautta tapahtuneen kulutuksen ja rapautumisen sekä jääkauden aikaisen kulutuksen ja kasautumisen tuloksena. Vaikka Suomen korkeusvaihtelut ovatkin suhteellisen pieniä, vaikuttavat kohoumat ja notkot tiesuunnitteluun (Fogelberg 1974: 10 – 11). Tieluokasta riippuen tiet joko myötäilevät tai halkovat näitä maastonmuotoja.

Kallioperän ja maaperän raja on Suomessa yleensä jyrkkä. Maaperän paksuus on yleensä vain noin kolme-neljä metriä (Tikkanen 1999: 30), mutta paksuus voi vaihdella alueellisesti hyvin paljon. Tienrakentamisen kannalta kivilajisuhteilla ei ole suurta merkitystä, koska peruskallio on Suomessa suhteellisen homogeeninen. Kallioperän merkitys tienrakentamisessa on sitä suurempi, mitä ohuempi maaperä on ja mitä vilkasliikenteisempi tie on suunnitteilla. Vähäliikenteiset tiet eivät vaadi kalliroleikkauksia, mutta moottoriteiden alta on tieliikenteen sujuvuuden ja näkyvyyden kannalta pakko poistaa kallio- ja maakohoumia. Kallioita louhittaessa ja tunnelien rakentamisessa on otettava huomioon kallion rakoilujen ja ruhjeiden esiintyminen (Fogelberg 1974: 14).

Suomessa tienrakentamisen alta siirretään vuosittain noin 50 miljoonaa kuutiometriä maata ja kiveä (kuva 1). Suurin osa maa-aineksista, kalliolouheesta ja -murskeesta käytetään tielinjauksen penkereissä ja rakenteissa, joten hukkamateriaalia ei kalliolouhinnassa synny. Tielinjauksesta saatujen materiaalien lisäksi teiden rakentaminen vaatii vuosittain noin 20 miljoonaa kuutiota soraa ja muuta kiviainesta (Wahlström et al. 1996: 206).

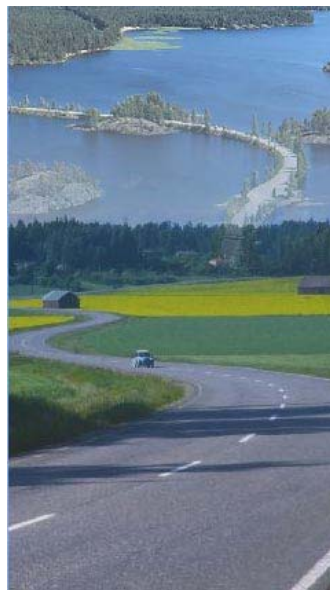
Maaperän maalajit voidaan luokitella kivennäis- ja eloperäisiin maalajeihin ja kivennäismaalajit edelleen alempiin ryhmiin raekokojen mukaan. Tässä tutkimuksessa maalajit luokitellaan muiden luonnonvarojen tavoin joko abioottisiin tai bioottisiin luonnonvaroihin. Kivennäismaalajit kuuluvat abioottisiin eli uusiutumattomiin varoihin ja eloperäiset maalajit bioottisiin eli uusiutuviin luonnonvaroihin. Tosin turpeen osalta ei ole selvää päätöstä, kuuluuko turve uusiutuviin vai uusiutumattomiin varoihin. Tässä tutkimuksessa turve luokitellaan uusiutuviin eli bioottisiin varoihin. Tienrakennuksessa lähes kaikki muu materiaali on abioottista paitsi tielinjauksen alta poistettu kasvillisuus ja turve.



Kuva 1. Kallioulouhintaa ja murskaamo, jossa kivistä jauhetaan tiepohja-ainesta (Tieliikelaitos 2003).

2.2 Geomorfologinen tausta

Seuraavassa käsitellään maan pinnanmuotojen vaikutusta tiestön rakentamiselle. Suomen suurkorkokuva on moniin muihin Euroopan maihin verrattuna yksitoikkoinen. Vaikka absoluuttiset korkeuserot (korkeus meren pinnasta) eivät ole suuria, luovat pienpiirteet kuten mäet, laaksot, harjut, vaarat ja tunturit hyvinkin vaihtelevaa maisemaa (kuva 2). Maanpinnan absoluuttiset korkeudet kasvavat pohjoista kohti, samoin yksittäisten muodostumien pinta-ala. Absoluuttista korkeutta merkittävämpiä tien rakentamiselle ovat kohteiden relatiiviset korkeuserot, eli kohouman ja sen juuren välinen korkeusero (Aartolahti 1989: 3).



Kuva 2. Erilaisia tieympäristöjä: harjuja ja savikkopeltoja (Tieliikelaitos 2003).

Tienrakentamisen kannalta merkittävimpiä muotoja ovat kasautumismuodot, joita ovat jäätikköjokien kasaamat soran ja hiekan muodostamat harjut, deltat ja sandurit sekä mannerjäätikön synnyttämät reunamuodostumat (esimerkiksi Salpausselät). Nämä muodostumat ovat usein erinomaista kuivaa ja tasaista tienrakennus-alustaa routimattomine maalajeineen. Suomen tieverkko kulkeekin useasti harjuja ja reunamuodostumia pitkin, vaikka vaarana voivatkin olla arvokkaiden pohjavesialueiden saastuminen päästöjen ja tiesuolauksen seurauksena. Nykyään pohjavesisuojaukset ovat hyvin kehittyneitä ja vanhoihin tierakenteisiin voidaan lisätä tarvittaessa suojausta.

Glasifluviaalisten muodostumien sora ja hiekka ovat olleet kauan hyvin haluttua rakennusmateriaalia. Ne kattavat noin 1,5 miljoonaa hehtaaria eli noin 4,5 % Suomen pinta-alasta (Wahlström et al. 1996: 69). Tienrakennus- ja kunnossapitotöissä tarvitaan soraa penkereisiin, rakennekerroksiin, maiseman muotoiluun, suojarakenteisiin sekä talvihiekoitukseen. Nykyisin glasifluviaalisten muotojen arvo ja suojelutarve ymmärretään ja sora korvataan hyvin usein murskeella.

Kasautumismuodoista tienrakentamiseen vaikuttavina tekijöinä on tärkeää mainita myös lajittumattomasta moreeniaineksesta syntyneet drumliinit ja hienoista sedimenteistä muodostuvat savi- ja hiesutasangot. Drumliinien vaikutuksen tieverkon kehittymiseen voi nähdä esimerkiksi Mikkeli-Pieksämäki –suunnalla, jossa useat vähäliikenteiset tiet kulkevat kohoumien eli drumliinien välissä. Drumliinit voi erottaa kartalta korkeuskäyrien avulla jäätikön liikkeen mukaisina luode-kaakko –suuntaisina selänteinä. Uusimmat ja vilkasliikenteisimmät tiet on rakennettu drumliinikenttien läpi. Ongelmana ovat kuitenkin drumliinien routivat maalajit, moreenin hieno aines, jotka on poistettava tierakenteen alta (Seppälä 1999: 71). Tienrakentaminen savitasangoille on kalliimpaa kuin harjuille rakentaminen. Varsinkin Etelä- ja Länsi-Suomen rannikkoalueilla savi- ja silttikerrostumat ovat laajoja ja paikoin jopa yli 70 metriä paksuja (Tikkanen 1999: 32). Tienrakentaminen savikoille ja pehmeälle maalle vaatii usein esimerkiksi paalutusta ja massanvaihtoa, koska savi on hyvin vesipitoista ja kovan kuormituksen alla savi antaa paineelle periksi.

2.3 Hydrografinen tausta

Vesistöt peittävät noin 10 % Suomen maan pinta-alasta. Kostealanluhkea ilmasto ja vaihteleva korkokuva ovat luoneet hyvät edellytykset järvien syntymiselle. Vesistöt muuttuvat geologisesti katsoen nopeasti, sillä umpeenkasvu, soistuminen, maankohoaminen ja ihminen muokkaavat järvien kehitystä. Vesistöistä on liikenteen kannalta sekä haittaa että hyötyä (Fogelberg 1974: 18). Länsi-itä –suuntaiset valtatie ovat Suomessa harvinaisia, koska vesistömme ovat suuntautuneet erityisesti Keski- ja Etelä-Suomessa luode-kaakko –linjaan (Seppälä 1999: 70). Talvisin jään päällä kulkevat tiet ovat hyödyksi erityisesti harvaan asutuilla alueilla.

Tiestö ja vesistöt vaikuttavat toinen toisiinsa. Tiestön rakentaminen vesistöalueilla vaatii usein siltoja ja penkereitä, joihin liittyy useita ympäristön kannalta tärkeitä kysymyksiä. Sillanrakennus yläjuoksulla voi aiheuttaa sedimenttien kulkeutumista ja kasautumista alajuoksulle ja eroosiota aivan sillan läheisyydessä. Vesistön muutokset mahdollisine pohjavedenpinnan laskuineen, ojien täyttymisineen, virtausten muutoksineen vaikuttavat laajalle alueelle itse rakennustyömaasta. Tiepenkereen aikaansaama virtauksen estyminen rehevöittää lahtien rantoja ja siltapaikkojen rakenteet estävät esimerkiksi kalaston vaeltamista kutupaikoille (Tielaitos 1999: 16).

Jokien tulvat ja jääpadot vaikuttavat tiensuunnitteluun erityisesti pohjoisemmassa Suomessa ja Pohjanmaalla. Kevättulvat ovat yleisiä alavan maan Pohjanmaalla, missä tie tulee rakentaa kauemmaksi jokilaaksosta. Pohjois-Suomessa jääpatoja muodostuu keväisin erityisesti jokien alajuoksuille ja sopiviin joen mutkiin. Lumen sulamisvedet virtaavat jokiin nopeammin ja aikaisemmin kuin jokien jäät ehtivät sulaa ja veden pinta nousee. Virta saa jäät liikkeelle kohti alajuoksua, jossa ne kapeissa joenuomissa voivat tukkia virtausta ja aiheuttaa siten tulvia.

2.4 Ilmastollinen tausta

Suomen tieverkon ilmastollinen tausta on hyvin merkittävä. Suomen ilmastolle ovat tyypillistä suuret vuotuiset vaihtelut säätiloissa. Riippuen vuodenajasta kuulumme pohjoisten kylmien tai eteläisten lämpimien ilmamassojen vaikutuspiiriin. Toisaalta sijaitsemme Atlantin meri-

ilmaston ja Aasian mannerilmaston rajavyöhykkeessä (Fogelberg 1974: 18). Tienrakentamisen kannalta merkittävin ilmastollinen tekijä on lämpötila, joka määrää veden tai lumen sademäärän, pakkasen ja jään esiintymisen.

Talvi ja routa aiheuttavat sekä tienrakentamiseen että tiestön kunnossapitoon merkittäviä kuluja. Roudan syvyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat lämpötila, lumipeitteen paksuus, maan lämmönjohtokyky, pohjaveden syvyys sekä maan laatu (Fogelberg 1974: 20). Routaherkimpiä maalajeja ovat hienot sedimentit kuten siltti, hieno hiekka ja moreeni, koska niissä veden kapillaarinen nousu on herkkää. Veden jäätyessä maalajit pidättävät hyvin vettä ja keräävät vettä jopa ympäristöstään aiheuttaen tierakenteeseen routavaurioita. Jäätynyt maa ei kuitenkaan muodosta tierakentamiselle ongelmaa, ellei vesi sula. Rakentamiselle paras vaihtoehto on korvata routaherkät materiaalit karkealla soralla, murskeella tai muulla routimattomalla maalajilla (Seppälä 1999: 85 – 86). Pohjoisimmassa Suomessa routanousu, maaperän jäätyminen vuodenaikaiset vaihtelut ja maaperän vettyminen jään sulamisen seurauksena voivat vahingoittaa siltoja, tiestön päällystettä ja puhelin- ja valaisinpylväitä. Myös kasvillisuuden poisto tienrakentamisen alta muuttaa maaperän kosteusoloja ja roudan syvyyttä, jolloin maaperä voi vajota, jopa sortua (Goudie 2001: 146 – 151).

Talvisin teitä on aurattava ja teiden pinnat pidettävä ajokelpoisina. Kun tien pinta ja rakenne ovat alttiina pakkaselle, on tärkeää, että tien rakenteet on oikein mitoitettu ja rakennettu routimattomista materiaaleista. Tien rakenteen kestävyys voidaan vaikuttaa tietyillä tielinjauksen rakenteellisilla ratkaisuilla, jotka estävät lumikinosten ja jäälinssien syntymistä tieliikenteen kannalta vaarallisille tiejaksoille. Esimerkiksi kalliroleikkaukset keräävät lunta kinoksiksi, mikä voi aiheuttaa paikallisesti ongelmia (Seppälä 1999: 65, 68). Jään muodostuminen tien pinnalle ja toisaalta sumu vaikuttavat liikenneturvallisuuteen, mutta näihin voidaan vaikuttaa tielinjauksen oikealla suunnittelulla.

2.5 Biologinen tausta

Suomalaista biologista taustaa luonnehtivat metsät ja suot, joiden alueelliseen esiintymiseen on nykypäivänä vaikuttanut hyvin vahvasti ihminen. Metsät kattavat 70 % Suomen pinta-alasta ja ovat pääasiassa havumetsää. Suomen pinta-alasta on lähes kolmasosa suon peitossa, vaikkakin

soita on myös kuivattu maa- ja metsätalouden käyttöön. Metsät ja suot ovat aikanaan vaikuttaneet hyvin paljon tiestön sijoittumiseen, mutta nykyisin tekniikka on mahdollistanut vaikeidenkin alueiden hyödyntämistä ihmistoimille.

Paksut turvealueet aiheuttavat ongelmia tienrakennukselle, koska turpeen kantavuus on hyvin heikkoa ja tiivistyminen suurta. Suot ovat hyvin vetisiä ja jos tienpohjaa ei ole rakennettu oikein, vesi pääsee vaurioittamaan rakennetta veden kapillaarisen nousun myötä. Veden jäätyminen ja routanousun seurauksena mm. tienvarsien puhelinpylväät kallistuvat ja asfalttiin muodostuu töyssyjä ja kuoppia. Tiet suoalueilla rakennetaan aina suoriksi. Ainoa keino välttää veden ja jään aiheuttamat vauriot on tehdä massanvaihto poistaen tielinjan alta kaikki turve (Seppälä 1999: 81). Tiet, jotka kulkevat suoalueiden läpi ovat maisemallisesti vaikuttavia elämyksiä autoilijoille, mutta soiden kosteusolot saattavat järkkyyä kuivatusojien ja -vesien myötä (Tielaitos 1999: 16).

Tieliikenteen merkittävimmät negatiiviset vaikutukset liittyvät ympäristöjen pirstoutumiseen. Erityisen herkkiä biotooppeja eli eliöiden elinympäristöjä ovat suot, lehdot ja ikimetsät. Mitä leveämpi ja vilkasliikenteisempi tie on, sitä suuremmaksi ja vaikeammin ylitettäväksi tien muodostama ”muuri” muodostuu eläinten ja biotooppien kannalta. Avoin tienpinta on monille eläimille suojaton liikkumispaikka ja tien pienilmasto, melu-, päästö- ja valovaikutukset ovat vieraita eläimille. Tiekäytävä jakaa populaatioita pienempiin osiin ja aiheuttaa populaatioekologisia ja alue-ekologisia vaikutuksia. Tienrakentamisen myötä tien ympäristön kosteusolot muuttuvat, kun aurinko pääsee syvemmälle metsään. Kosteutta vaativat lehto- ja suolajistot vähenevät tiealueiden lähellä ja alkuperäinen niittykasvillisuus voi muuttua kangasmetsäksi (Savo-Karjalan tiepiiri 1994: 8).

Tässä kappaleessa keskityttiin tarkastelemaan luonnon asettamia taustoja ja reunaehtoja tieliikenteen suunnittelulle. Jatkossa näkökulma käännetään toisin päin. Tutkimus selvittää MIPS-menetelmän avulla, kuinka paljon tieliikenne siirtää näitä luonnonvaroja pois niiden alkuperäiseltä paikaltaan. Kappaleessa seitsemän esitetään tulokset, kuinka paljon yleiset tiet kuluttavat geologista, geomorfologista, hydrografista, biologista alkuperää olevia luonnonvaroja sekä ilmaa elinkaarensa aikana. MIPS-tutkimusmenetelmän mukaisesti luonnonvarat luokitellaan abioottisiin (geomorfologista ja geologista alkuperää olevat varat), bioottisiin (biologista alkuperää olevat varat), ilmaan ja veteen.

3 MIPS-AJATTELUN LÄHTÖKOHDAT

3.1 MIPS – uusi näkökulma ympäristönsuojeluun

Perinteinen ympäristönsuojelu on kauan keskittynyt tutkimaan pääasiassa ihmisen terveyttä vaarantavia haitta-aineita ja päästöjä. Myös energian kulutukseen on kiinnitetty paljon huomiota, vaikka sen ympäristövaikutukset syntyvät pääasiassa ainevirroista. Ihmisen käyttämät ja aiheuttamat valtaiset, vaikka sinällään vaarattomien aineiden materiaalivirrat, ovat jääneet ilman merkittävää huomiota. Ainevirrat muuttavat ympäristöämme tavalla, jota on vaikea ennustaa. Jokien oikaisemiset ja siirtämiset, kosteikkojen kuivattamiset, sadevesien johtaminen viemäreihin, kaivostoiminta ja moninainen rakentaminen muuttavat luonnon omaa tasapainoa. Luonto liikuttaa itsessään suuria massoja materiaalia tulivuorenpurkauksissa ja eroosiossa, mutta ihmisen aiheuttama ainevirta sekoittaa luonnon tasapainoa nopeasti ja peruuttamattomasti (Schmidt-Bleek 2000: 23).

Schmidt-Bleek:n (2000: 67 – 70) mukaan haitta-aineiden ja päästöjen tutkiminen ja niihin liittyvä lakien ja tutkimuksen kehittäminen on omalta osaltaan tärkeää, mutta ympäristöpolitiikka, joka keskittyy jo-todettujen haitta-aineiden vähentämiseen, ei voi olla tehokasta ja ennaltaehkäisevää. Samoin haitta-aineisiin liittyvät kustannus-hyöty –analyysit ihmisen toiminnan tai talouden ympäristövaikutusten arvioimiseksi ovat epätarkkoja, koska yhden aineen kaikkia vaikutuksia ei ole tieteellisesti mahdollista tunnistaa tai mallintaa. Yksittäisten aineiden myrkyllisyyden tutkimisen ohella tulisi keskittyä ihmisen aiheuttamien, sinänsä haitattomilta vaikuttavien ainevirtojen tutkimiseen, sillä nopeasti kasvavat materiaalivirrat muuttavat maailman ekologista tasapainoa (Schmidt-Bleek 2000: 24 – 26; 108).

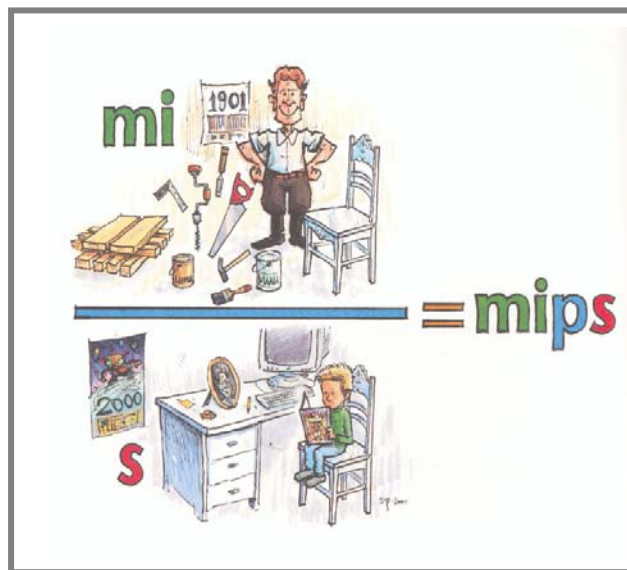
MIPSin taustalla vaikuttava materiaalivirta-ajattelu perustuu termodynamiikan toiseen pääsääntöön: kaikki aine ja energia on häviämätöntä ja kaikki käyttöönotettu materiaali, joka virtaa systeemiin (ihmisen toimintaan), myös poistuu systeemistä materiaalin muodossa, jätteinä, päästöinä tai jätevetenä. Mitä enemmän ainetta ihminen päästää liikkeelle, sitä suurempi on negatiivisten seurausten todennäköisyys. Otsonikato ja ilmastonmuutos osoittavat,

että mitä enemmän käytämme energiaa tiettyyn järjestelmään, sitä enemmän maapallon järjestys häiriintyy (Schmidt-Bleek 2000: 108).

Toinen MIPS-ajattelua tukeva laki on massavaikutuksen laki, jonka mukaan järjestelmä järkkyy, kun järjestelmän toistensa kanssa vuorovaikutuksessa olevien aineiden keskinäisiä suhteita muutetaan. Kun luonnosta otetaan pois materiaaleja tai sinne lisätään sinne luonnostaan kuulumattomia materiaaleja, pakotetaan koko järjestelmä sopeutumaan uuteen tilanteeseen. Mitä laaja-alaisempia ja materiaaleja kuluttavampia toimenpiteet ovat, sen voimakkaammin luonto reagoi (Schmidt-Bleek 2000: 108).

Wuppertal-instituutissa Saksassa aloitettiin 1990-luvulla kehittää indikaattoria, jolla voitaisiin kattavasti kuvata tuotteiden ja palveluiden ympäristövaikutuksia materiaalivirtojen kannalta. Mittarin tuli olla yksinkertainen ja sopiva niin prosessien, tuotteiden kuin palveluidenkin mittaamiseen, selkeä käyttää ja laskelmien tuli tarvittaessa olla toistettavissa. Mittarin avulla saatavien tulosten tulisi olla varmoja ja sovellettavissa paikallisesti, alueellisesti ja maailmanlaajuisesti (Schmidt-Bleek 2000: 107).

Tähän tarkoitukseen kehitettiin Wuppertal-instituutissa MIPS-mittari (Material Input Per Service unit), jonka avulla voidaan laskea tuotteen tai palvelun materiaalin käyttö palveluyksikköä kohden. Tämä mittari koostuu MI-luvusta (tuotteen tai palvelun koko elinkaarenaikainen materiaalin ja energian kulutus) ja S-luvusta (tuotteen tai palvelun antama palvelusuorite). MIPS lasketaan jakamalla materiaalien MI palvelusuoritteen kokonaismäärällä S. Lyhyesti ilmaistuna $MIPS = MI / S$ (kuva 3).



Kuva 3. MIPS on yhtä kuin hyödykkeen materiaalien kulutus jaettuna sen käyttökerroilla (Autio & Lettenmeier 2002).

MIPS-ajattelun taustalla on materiaalivirta-ajattelun ohella myös elinkaaritutkimus. Elinkaaritutkimuksessa tarkastellaan materiaalivirrat ja päästöt koko elinkaaren ajalta ja tunnistetaan merkittävimmät haitat ja niihin vaikuttavat tekijät. Huomioitavaa onkin se, että suurimmat ympäristöpaineet kohdistuvat usein tuotteen tai palvelun tuotanto- ja poistovaiheeseen, eikä suinkaan itse tuotteen tai palvelun käyttöön. Elinkaariarvioinnit ovat vertailevia tutkimuksia, joiden avulla voidaan vertailla esimerkiksi kahden samaan käyttötarkoitukseen valmistetun tuotteen prosessivaihtoehtoja tai jätteenkäsittelymahdollisuuksia. Tarkastelusta riippuen tutkimuksessa voidaan ottaa huomioon myös taloudelliset tai sosiaaliset näkökulmat. Elinkaaritutkimukseen on kehitelty moniin eri tarpeisiin erilaisia ohjelmia (esimerkiksi KCL-ECO, LCA) sekä työkaluja, joista MIPS keskittyy tuotteen tai palvelun luonnonvarojen kulutuksen mittaamiseen (Suutari 1999: 3, 31).

3.2 Osana kansainvälistä haastetta

Tänä päivänä teollisuusmaissa kulutetaan vuodessa noin 100 tonnia uusiutumattomia luonnonvaroja sekä 500 tonnia makeaa vettä henkeä kohden. Se, minkä näemme valmiina ruokana, koneina, kulkuneuvoina tai infrastruktuurina on vain pieni osa siitä materiaalmäärästä, jonka koko tuote on valmistuakseen vaatinut luonnonvaroja. Yli 90 %

niistä luonnonvaroista, joita ihminen ottaa käyttöönsä, muuttuvat jätteiksi jo matkalla valmiiksi tuotteeksi. Teollisuusmaissa asuu vain 20 % maailman väestöstä, mutta siellä kulutetaan 80 % luonnonvaroista (Autio & Lettenmeier 2002: 4).

Vuonna 1992 YK:n Rio de Janeirossa pitämässä ympäristö- ja kehityskokouksessa yritysten kansainvälinen ympäristöjärjestö BCSD (Business Council for Sustainable Development) toi esille ekotehokkuuden tarpeellisuuden kansainvälisessä keskustelun kentässä. Tuolloin esitettiin, että ekotehokkuuden avulla tuotteita ja palveluita voidaan tuottaa kilpailukykyisesti, mutta samalla kestävän kehityksen mukaisesti (Autio & Lettenmeier 2002: 3).

Rion ympäristökokouksen päätöslauselmissa esitettiin vaatimus, että kaikkien valtioiden tulisi laatia vuoteen 2002 mennessä omat kestävän kehityksen strategiansa. Vuonna 1998 Suomen hallitus laati omansa yhtenä ensimmäisistä valtioista. Pää tavoitteina mainittiin ilmastomuutoksen hillitseminen, tuotantomenetelmien ja kulutustottumusten muuttaminen, uusiutumattomien luonnonvarojen käytön vähentäminen sekä biodiversiteetin suojeleminen. Jos maailmassa käytettäisiin luonnonvaroja kestävän kulutustason mukaisesti, kulutusta täytyisi pudottaa puoleen nykyisestä. Toisin sanoen materiaalivirtojen pienentäminen on välttämätöntä (Eskola et al. 2002: 10).

Ekotehokkuus on yksi kestävän kehityksen strategioista ja MIPS-mittari palvelee ekotehokkuuden tarkoitusta. Ekotehokkuuden tarkoituksena on parantaa luonnonvarojen tuottavuutta ympäristöä säästäen. Tavoitteena on tuottaa vähemmästä enemmän eli käyttää raaka-aineita, energiaa ja teknologiaa mahdollisimman tehokkaasti ja tarkoituksenmukaisesti. Samalla pyritään vähentämään tuotteen tai palvelun koko elinkaarenaikaisia haitallisia ympäristövaikutuksia. Ekotehokas tuote tai palvelu tuottaa enemmän hyvinvointia ja palveluita vähemmistä luonnonvaroista. Maailmanlaajuisten ainevirtojen vähentämistä sekä yksittäisten hyödykkeiden materiaalivirtojen vähentämistä kutsutaan dematerialisaatioksi (Schmidt-Bleek 2000: 177 – 191).

TMR (total material requirement) eli luonnonvarojen kokonaiskäyttö on tiedossa jo monissa maissa BKT-laskelmien ohessa. Lukuun on laskettu kaikki kansantalouden materiaalien kulutus. MIPS-metodin mukaisesta viiden kategorian laskutavasta (katso kappale 5.1.1) TMR-lukuun on laskettu yhteen abioottinen ja bioottinen MI-luku sekä eroosio. Suomen TMR on

laskettu olevan vuosittain noin 100 tonnia asukasta kohden (Mäenpää et al. 2000: 9), mikä tarkoittaa 300 kauppakassillista kulutettuja luonnonvaroja joka viikko. Kehitysmaissa vastaava luku on 3 kauppakassillista kulutettuja luonnonvaroja. EU-maiden materiaalivirtatietojen on selvitetty myös EU:n ympäristövirasto EEA:ssa (Autio & Lettenmeier 2002: 7 – 8).

TMR voidaan laskea erikseen muun muassa eri elinkeinoelämän osa-alueilta kuten maataloudesta ja metsätaloudesta tai eri materiaalien osalta kuten mineraalien, metallien tai energian kulutuksesta. Vuosina 1997 ja 1998 yleisten teiden rakentaminen, kunnostaminen ja hoitaminen kulutti maa-aineksia yhteensä 40 miljoonaa tonnia per vuosi. Noin 37 % materiaaleista olivat tielinjalta maa- ja kalliroleikkauksista, reilut 40 % massoista olivat ulkopuolelta tuotuja ja hiekoitukseen kuluvia materiaaleja ja reilut 20 % materiaaleista olivat läjitysmassoja (Mäenpää et al. 2000: 28).

Euroopan Unioni esitti kesällä 1997 YK:ssa Rion seurantakokouksessa niin sanotun ekotehokkuusaloitteen, jonka tavoitteena on pudottaa teollisuusmaiden materiaalinkulutus kymmenesosaan tämän vuosisadan puoliväliin mennessä. Ekotehokkuuden lisääminen nostettiin yhdeksi tulevaisuuden toiminta-alueeksi (Autio & Lettenmeier 2002: 7). Factor 10 – tavoitteen saavuttamiseksi MIPS on keskeisessä asemassa, sillä sen avulla voidaan mitata tuotteiden ja palveluiden materiaalinkulutuksia ja vertailla niitä keskenään (Koskinen 2001: 10). Vuonna 1998 kauppa- ja teollisuusministeriön ekotehokkuustyöryhmä esitti Suomen ekotehokkuuden tavoitteita raportissaan ”Ekotehokkuus ja factor-ajattelu” (Kauppa- ja teollisuusministeriö 1998).

Etelä-Afrikan Johannesburgissa vuonna 2002 pidetyssä kestävän kehityksen maailmankokouksessa hyväksyttiin toimeenpanosuunnitelma, jossa todettiin yhteiskuntien tuottamisen ja kuluttamisen tapojen olevan kestäättömiä. Maailmanlaajuisen kestävän kehityksen saavuttaminen vaatisi perustavia muutoksia yhteiskuntien tavoissa tuottaa ja kuluttaa. YK:n Kestävän kehityksen komissio (CSD) käynnisti huhtikuussa 2004 Johannesburgin päätösten pohjalta kymmenen vuotta kestävän ohjelman edistämään kestävää tuotantoa ja kulutusta (Brende 2004: 13).

Myös Woldwatch-instituutti on nostanut kestävän kehityksen ja kulutuksen vuoden 2004 Maailman tila –kirjansa keskeiseksi teemaksi. Raportti esittää huolensa sekä väestönkasvun että kulutuksen kasvun suhteen erityisesti kehitysmaissa ja vetoaa kehittyneitä maita käyttöönottamaan uusia kulutusmalleja määrätietoisesti. Jotta kulutuskäyttäytymisessä saavutettaisiin muutoksia, on kehitystä tapahduttava sekä yhteiskunnallisissa kysymyksissä että yksittäisten kansalaisten arkipäivän valinnoissa (Flavin 2004: 17).

3.3 Aikaisempi tutkimus aiheesta

MIPS on suhteellisen nuori tuotteiden ja palveluiden ympäristökuormitusta mittaava menetelmä. Wuppertal-instituutti on tehnyt urauurtavaa työtä mm. MI-kertoimien laskemiseksi ja tutkinut saksalaisten tuotteiden ja palveluiden luonnonvarojen kulutusta. Instituutin tieliikennettä koskevat tutkimustulokset eivät ole vielä julkisia, joten niitä ei tämän tutkimuksen tueksi saatu. Tietävästi muuallakaan maailmassa ei ole tämän tutkimuksen kaltaista tarkastelua tehty tieliikenteen osalta. Wuppertal-instituutti on julkaissut tutkimuksia mm. jokien laivaliikenteestä sekä rautatieliikenteestä. Laskelmien tuloksia on julkaistu muun muassa MI-kertoimien muodossa (Wuppertal 2003).

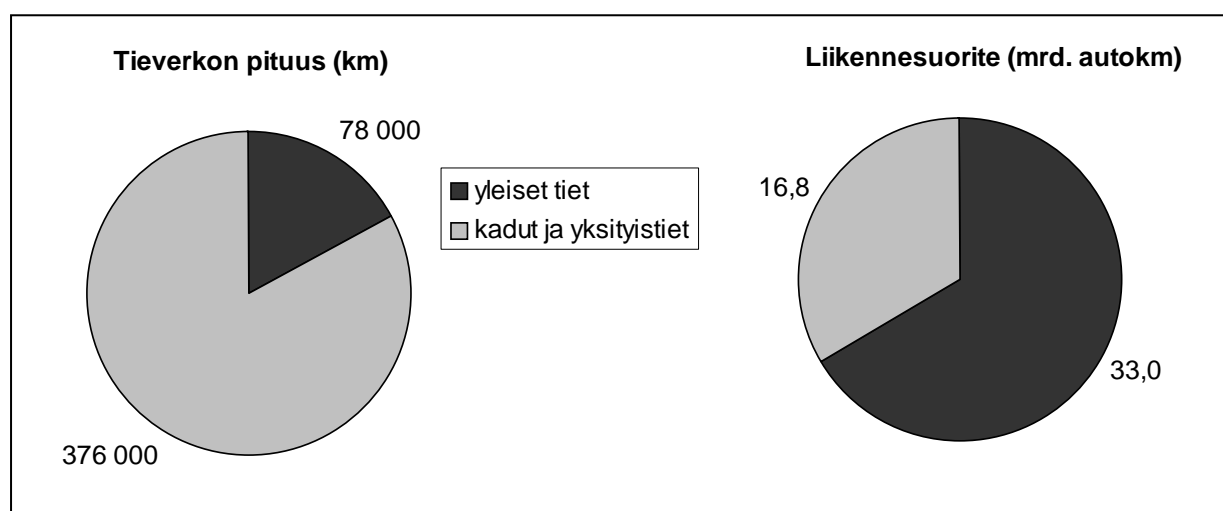
Suomessa kokeiltiin ensi kerran laajemmassa mittakaavassa MIPS-menetelmää Factor X – Ekotehokkaasti markkinoille –hankkeessa vuosina 2000-2002. EU-projekti koulutti yrityksiä ja ympäristöalan ammattilaisia Factor- ja MIPS –lähestymistapojen soveltamiseen. Hankkeen yhteydessä yritykset tarkastelivat tuotteidensa ja palveluidensa ympäristökuormitusta ja tuloksena saatiin uusia Suomen oloja vastaavia MIPS-tuloksia (Autio & Lettenmeier 2002). Hanke tuotti tietoa mm. parvekkeen, toimistokalusteiden, lonkkaleikkauksen ja junamatkan luonnonvarojen kulutuksesta.

Laajempia MIPS-menetelmällä laskettuja tutkimuksia ovat tehneet mm. opiskelijat pro gradu – töinään. Esimerkiksi Helsingin yliopiston kahden rakennuksen, Physicum ja Infokeskuksen, ympäristökuormitukset on laskettu MIPS-menetelmän avulla (Sinivuori 2004). FIN-MIPS Liikenne –projekti tuottaa myös useita pro graduja sekä diplomitöitä Suomen liikenteen luonnonvarojen kulutuksesta.

4 TUTKIMUSKOHTENA SUOMEN YLEISET TIET

4.1 Yleiset tiet lyhyesti

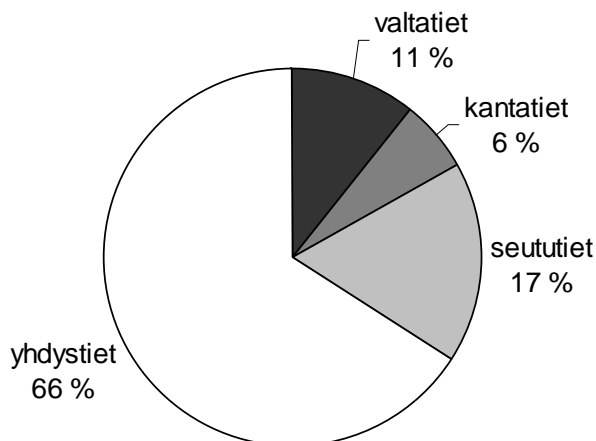
Suomen yleisistä teistä huolehtii Tiehallinto. Suomen koko tieverkon pituus on noin 454 000 kilometriä, josta yleisiä teitä on noin 78 000 kilometriä eli 20 % (kuva 4). Suurin osa tieverkosta sijoittuu taajamien läheisyyteen ja taajamien väleille yhdistäen eri kokoisia keskuksia. Yleisistä teistä valtateitä (sisältäen myös moottori- ja moottoriliikennetiet) ja kantateitä on 17 %, seututeitä on 17 %, yhdysteitä on 66 % (kuva 5). Suomen yleisellä tiellä liikkuu keskimäärin noin 1 200 autoa vuorokaudessa. Moottoriteillä kulkee vuorokaudessa noin 20 600 autoa ja muilla valtateilla keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL) on noin 5 200 autoa. Kantateilla liikkuu vuorokaudessa noin 2 500 autoa, seututeilla noin 1 300 ja yhdysteillä 300 autoa. Yleisten teiden kokonaisliikennesuorite vuonna 2003 oli 33 miljardia autokilometriä (Tiefakta 2004; Yleiset tiet 1.1.2004) (kuva 4).



Kuva 4. Vaikka yleisiä teitä on pituudeltaan vain viidesosa koko tieverkosta, tapahtuu 66 % liikennesuoritteesta kuitenkin näillä teillä (Tiefakta 2004).

Tutkimuksessa on käytetty toiminnallisen luokituksen mukaista tieluokitusta hallinnollisen luokituksen sijasta. Toiminnallisen luokituksen mukaan kaksi ylintä ja vilkkaimmin liikennöityä tieluokkaa ovat *valtatie* ja *kantatie*, jotka muodostavat maantieverkon rungon. Nämä yhdistävät maakunta- ja ylempiluokkaisia keskuksia toisiinsa ja välittävät pitkän matkan liikennettä. *Seudulliset tiet* yhdistävät kuntakeskuksia toisiinsa ja lähimpiin ylempiluokkaisiin

keskuksiin sekä välittävät seudullista ja paikallista liikennettä. *Yhdystiet* yhdistävät kyläkeskuksia ja haja-asutusalueita ylempiluokkaisiin teihin ja välittävät paikallista liikennettä (Tietilasto 2002).



Kuva 5. Yleisten teiden pituus on noin 78 000 km, josta vähäliikenteisiä yhdysteitä on 66 % (Yleiset tiet 1.1.2004).

Suurin osa, yli 60 %, yleisten teiden liikennesuoritteesta tapahtuu valta- ja kantateillä (taulukko 1). Yhdysteillä, joiden pituus on 66 % koko yleisten teiden tieverkon pituudesta, tapahtuu vain noin 19 % koko liikennesuoritteesta. Moottoriteitä on 650 kilometriä ja moottoriliikenneteitä 140 kilometriä eli yhteensä noin prosentti kaikista yleisistä teistä, mutta merkittävä osa (15 %) liikennesuoritteesta tapahtuu näillä teillä (Tiefakta 2004; Yleiset tiet 1.1.2004). Liikennesuorite ajoneuvojen osalta oli vuonna 2003 yleisillä teillä (miljoonaa autokilometriä) seuraavaa: henkilöautot 27 740, kuorma-autot 2 455, pakettiautot 2 405, linja-autot 405 ja kaikki autot 33 005 (Tiehallinto 2004b).

Taulukko 1. Suomen yleisten teiden pituudet, keskimääräiset vuorokausiliikenteet ja liikennesuoritteet tieluokittain (Yleiset tiet 1.1.2004).

	VALTATIE	KANTATIE	SEUTUTIE	YHDYSTIE	TIET YHTEENSÄ
pituus (km)	8 574	4 686	13 469	51 469	78 197
KVL	5 187	2 501	1 283	329	1 156
liikennesuorite (milj. autokm / vuosi)	16 231	4 277	6 307	6 189	33 004

4.2 Tutkimuksessa tarkastellut ajoneuvot

Yleisten teiden päällä kulkeva liikenne voidaan jakaa henkilö-/ tavaraliikenteeseen tai kevyeen/ raskaaseen liikenteeseen. On syytä huomioda, mitä termit pitävät sisällään. Tässä tutkimuksessa henkilöliikennettä edustavat henkilöauto- ja linja-autoliikenne. Moottoripyöräliikenne on jätetty huomiotta. Tavaraliikennettä edustavat pakettiauto-, kevyt kuorma-autoliikenne sekä varsinainen perävaunuyhdistelmillä tapahtuva liikennöinti (puoli- ja täysperävaunurekat). Kevyt / raskas liikenne –erottelu poikkeaa edellisestä siinä, että kevyttä liikennettä ovat henkilöauto- ja pakettiautoliikenne ja vastaavasti linja-auto kuuluu raskaaseen liikenteeseen.

Tutkimuksessa tarkastellaan esimerkkiteiden lisäksi kuutta erilaista ajoneuvoa: henkilöauto, pakettiauto, linja-auto, kevyt kuorma-auto, puoliperävaunurekka ja täysperävaunurekka. MIPS-menetelmän mukaisesti kaikkien kokonaisuuteen liittyvien osaelementtien materiaalien kulutukset lasketaan yhteen. Siksi ajoneuvot ovat oleellinen osa tutkimuskokonaisuutta: ilman ajoneuvoja teitä ei tarvitsisi rakentaa ja toisaalta ilman teitä ajoneuvot olisivat hyödyttömiä. Laskelmiin olisi voinut sisällyttää myös esimerkiksi parkkipaikat ja huoltoasemat, mutta tarkastelua ei huomioitu suuren lisätyömäärän vuoksi.

4.2.1 Henkilöauto

Tutkimuksen esimerkki-henkilöautoksi valittiin Volkswagen Golf A4. Malli edustaa hyvin yleistä Suomen teillä kulkevaa keskikokoista bensiinikäyttöistä henkilöautoa. VW Golf A4 kuluttaa noin 6,5 l / 100 km ja auton ominaispaino on noin yksi tonni (Schweimer & Levin 2004). Suomessa henkilöauton elinikä on noin 18 vuotta (270 000 km), joka on vastaavaa Euroopan keskiarvoa hieman korkeampi. Pakokaasupäästöjä ei tässä tutkimuksessa huomioida lainkaan, koska MIPS-menetelmä keskittyy ensisijaisesti kulutettuihin luonnonvaroihin.

4.2.2 Linja-auto

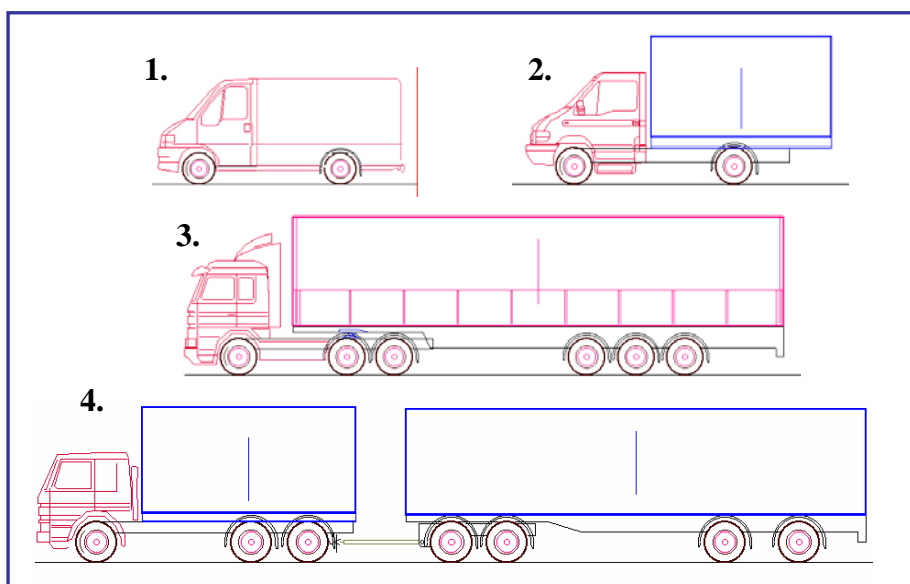
Esimerkkinä tarkasteltavaksi linja-autoksi valittiin Volvo 8500 Low Entry. Linja-auto on malliltaan matalalattiabussi, joka tosin ei ole yleisin linja-autotyyppi pitkän matkan liikenteessä. Tutkimuksen kokonaisuuden kannalta asialla ei ole suurta merkitystä ja tietojen vaikean saatavuuden takia malli hyväksyttiin tutkimuksen esimerkiajoneuvoksi.

Linja-auton ominaispaino on noin 11 tonnia ja ajoneuvon keskikulutus pitkän matkan liikenteessä on 30 l / 100 km (VTT 2004). Käytön aikana ajettu kilometrimäärä on lähteen mukaan noin 1 000 000 km. Linja-auton rungon materiaaleista yli 30 % on kierrätettyä (Volvo 2004b).

4.2.3 Pakettiauto ja kevyt kuorma-auto

Pakettiauton materiaalitietoja oli hyvin huonosti saatavilla tutkimuksen käyttöön. Rungon materiaalitiedot saatiin Mercedes Benz Sprinteristä, muutoin tiedot ovat arviota. Pakettiauton ominaispaino on noin kaksi tonnia ja polttoaineen kulutus on noin 8,7 l / 100 km (VTT 2004). Pakettiautolla on arvioitu ajettavan keskimäärin 400 000 km. Esimerkkimallit tutkituista tavaraliikenteen ajoneuvoista ovat kuvassa 6.

Kevyen kuorma-auton tietoja ei saatu tutkimuksen käyttöön lainkaan. Siten kaikki laskelmat ovat arvioita muiden ajoneuvojen tietojen pohjalta. Kevyt kuorma-auto painaa noin kymmenen tonnia ja sen eliniän aikana ajettu kilometrimäärä lienee noin 1 000 000 km.



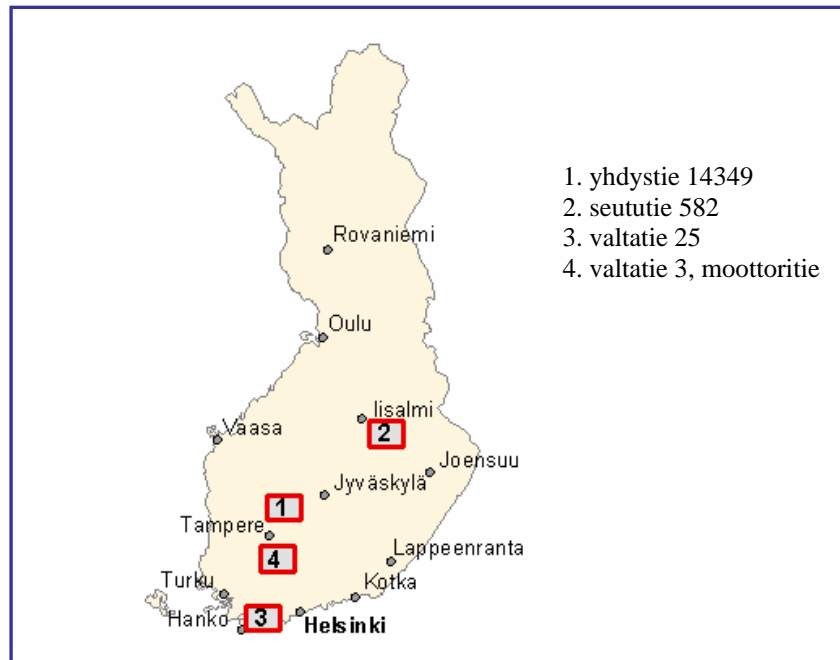
Kuva 6. Tutkimuksessa käytettyjen ajoneuvojen esimerkkikuvia. 1 = pakettiauto, 2 = kevyt kuorma-auto, 3 = puoliperävaunurekka ja 4 = täysperävaunurekka (Suomen kuljetus ja logistiikka SKAL ry 2004).

4.2.4 Puoliperävaunurekka ja täysperävaunurekka

Rekan veto-osan malliesimerkiksi valittiin Volvo FH12. Mallin elinkaareksi on lähteessä ilmoitettu 1 000 000 kilometriä. Polttoaineen kulutus on 31 l / 100 km (Volvo 2004a) ja veto-osan omapaino on noin 7 tonnia. Veto-osan materiaaleista 33 % on kierrätettyä. Esimerkkinä laskettu perävaunu on suomalaisen valmistajan Oy Närkö Ab:n ilmoittama malli, jonka paino on noin 6 tonnia (Wilson 2004). Lisäksi Scania ilmoitti käyttämiensä keskimääräisten perävaunujen painavan noin 10 tonnia (Brodin 2004), mikä otettiin huomioon suuremman perävaunun tietoja arvioitaessa. Esimerkkipiirrokset eri rekkatyypeistä ovat kuvassa 6.

4.3 Tutkimukseen valitut tiet

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan Suomen yleisten teiden materiaalien kulutusta esimerkkihankkeiden kautta. Esimerkkihankkeiksi valittiin neljä tieosuutta eri puolilta Suomea: yksi moottoritie, yksi valtatie, yksi seututie ja yksi yhdystie (kuva 7). Esimerkkiet pyrittiin valitsemaan siten, että ne edustaisivat mahdollisimman hyvin tieluokkansa tyyppiesimerkkiä. Haut kriteereineen tieosuuksien valitsemiseksi tehtiin Tiehallinnon Tierekisteristä (katso kappale 6.1).

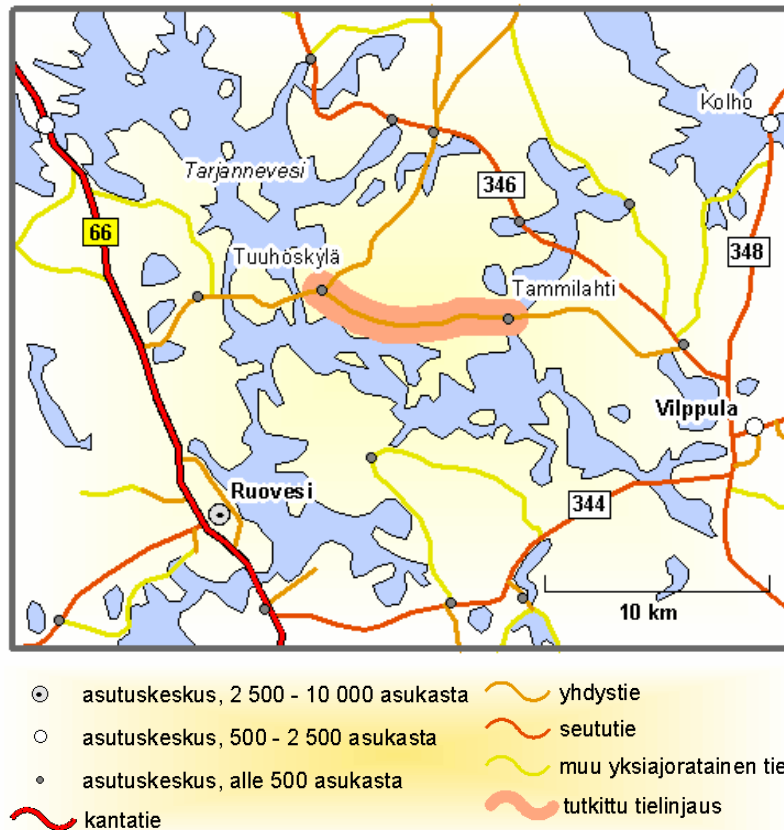


Kuva 7. Tutkimukseen valittujen teiden sijainnit.

4.3.1 Yhdystie

Yhdystie on toiminnallisen tieluokituksen mukaisesti alin tieluokka Suomessa. Yhdysteitä on pituudeltaan 66 % koko Suomen tieverkosta, mutta liikennöinti näillä teillä on vähäistä. Vuonna 2002 yhdysteiden liikennesuorite oli noin 6 000 miljoonaa autokilometriä, mikä oli 19 % koko tieverkon liikennesuoritteesta. Yhdysteiden liikenne on pääasiassa henkilöautoliikennettä – ajoneuvoista 89 % on henkilöautoja ja 84 % koko liikennesuoritteesta on henkilöautosuoritetta (Tiehallinto 2004b).

Tutkimuksessa mukana oleva yhdystie 14349 eli Tammikosken paikallistie sijaitsee Hämeessä Ruoveden ja Vilppulan kunnan alueella (kuva 8). Tutkittava yhdystie on kokoojatie, joka välittää poikittaista liikennettä kahden suuremman maantien välillä. Tutkittavan tielinjauksen pituus on noin 8,8 kilometriä. Tie oli perusparantamatonta soratietä vuoteen 1999 asti. Vuonna 1999-2001 tietä parannettiin poistamalla routakohoumat, maakivet ja muut vauriot ja samalla parannettiin tien suuntausta 131 metriä ja tien tasausta 860 metriä. Tie sai samalla uuden PAB-päällysteen (Tielaitos 1998b; Tiehallinto 2004c).



Kuva 8. Tutkittu yhdystie sijaitsee Hämeessä ja on pituudeltaan noin 9 kilometrin pituinen.

Valittu yhdystie 14349 edustanee rakenteensa puolesta suhteellisen hyvin suomalaista yhdystietä. Tielinjaus kulkee maastonmuotojen mukaan ja tien rakenne on yksinkertainen (kuva 9). Tien varressa on runsaasti maataloustuotantoa sekä laajoja metsäalueita. Tien keskimääräinen vuorokausiliikenne vaihtelee tien eri osien kesken 78–264 auton välillä (Jortikka 2004). Vuorokausiliikenne jääkin yhdystien valtakunnallisen keskiarvon, KVL 329 (Yleiset tiet 1.1.2004), alapuolelle.

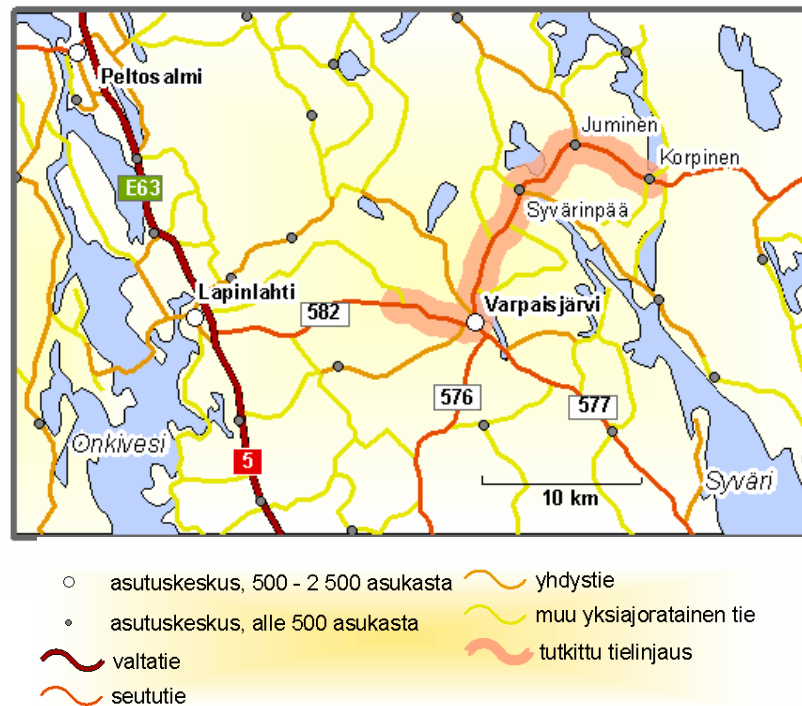


Kuva 9. Tutkitun yhdystien tierakenne on yksinkertainen ja tie kulkee maastonmuotojen mukaisesti (kuva tekijän, 2.8.2004).

4.3.2 Seututie

Seututie on toiminnallisen tieluokituksen mukaisesti toiseksi alin tieluokka Suomessa. Yleisten teiden tieverkon pituudesta seututeitä on noin 17 % ja suurin osa näistä teistä sijoittuu Pohjois-Suomeen. Tutkimukseen valittiin seututie Savo-Karjalan tiepiiristä: seututie 582 Varpaisjärveltä (kuva 10). Kaikkien Suomen seututeiden liikennesuorite vuonna 2003 oli noin 6 300 miljoonaa autokilometriä, mikä oli 19 % koko tieverkon liikennesuoritteesta. Henkilöautojen liikennesuoritteen osuus kaikesta seututeiden liikennesuoritteesta oli samana vuonna yhdysteiden tavoin 84 % (Tiehallinto 2004b).

Seututie 582:n tarkasteltu pituus on noin 21,1 kilometriä. Tielinjalle on tehty suuntauksen parantamista (15,6 kilometriä) vuonna 1983 ja rakenteen parantamista (5,5 kilometriä) vuonna 1986. Viimeisin päällystystyö (LTA, laatta-päällystys) on vuodelta 1993. Aikaisemmat toimenpiteet ajoittuvat 1960 ja -70 luvuille (Tiehallinto 2004c).



Kuva 10. Tutkittu seututie sijaitsee Savo-Karjalan tiepiirissä ja on noin 21 kilometrin pituinen.

Seututie 582 edustaa suhteellisen hyvin suomalaista seututietä: rakenne on tyypillinen PAB-päällysteineen (kevyt päällyste), tieveveys on yleinen, tie poikkeaa taajamassa ja tie sisältää muutaman sillan. Keskimääräinen vuorokausiliikennemäärä 858 autoa (Kuronen 2004) on hyvin tyypillinen pohjoisemman Suomen seututien liikennemääräksi, mutta jää kuitenkin kaikkien seututeiden keskiarvoa, KVL 1 283 (Yleiset tiet 1.1.2004), alhaisemmaksi.

4.3.3 Valtatie

Valtatiet edustavat ylintä ja vilkasliikenteisintä tieluokkaa. Vaikka valtatiet pitävät sisällään tieluokituksen mukaisesti myös moottoritiet, tässä tutkimuksessa ne tarkastellaan erikseen. Pituudeltaan valta- ja kantateitä on koko yleisten teiden tieverkosta vain noin 16 %, mutta noin puolet vuosittaisesta liikennesuoritteesta ajetaan näillä teillä. 1970-luvulla, kun teitä rakennettiin paljon, valtateitä rakennettiin harjuille aina kun se vain oli mahdollista. Voidaankin todeta, että Suomen harjujen ja reunamuodostumien päällä kulkee lähes poikkeuksetta tie.

Hankoniemen ja Skogbyn välinen noin 21 kilometrin pituinen tieosuus kulkee Ensimmäistä Salpausselkää pitkin (kuva 11), jonka maapohja on erinomaista tienrakennusalueeksi. Tieosuuden mutkaisuuden ja vilkkaan raskaan liikenteen vuoksi tieosuuden parantaminen alkoi elokuussa 1998. Hangontie avattiin liikenteelle syksyllä 2001. Tietä parannettiin 20,7 kilometriä, josta Hangon kaupungin alueella on 17 kilometriä ja loput 3,7 kilometriä on Tammisaarella. Lisäksi tehtiin paikallisteitä 1,4 kilometriä ja kevyen liikenteen väyliä 6,2 kilometriä sekä yksityisteitä 5,7 kilometriä. Tien vieressä kulkee junarata (Tiehallinto 2001). Myös Hanko-Skogby välin keskimääräinen vuorokausiliikenne, 3 900 (Tiehallinto 2001), jää valtakunnallista KVL-keskiarvoa, 5 187, alhaisemmaksi (Yleiset tiet 1.1.2004).



Kuva 11. Valtatie 25 kulkee Ensimmäistä Salpausselkää pitkin.

Uudenmaan laajimmat pohjavesiesiintymät sijaitsevat Salpausselällä Hanko-Hyvinkää –linjalla, joten tieosuuden pohjavesisuojaus huomioitiin tarkoin. Huomioitava piirre linjauksessa on myös masuunikuonamurskeen ja kappalekuonan käyttö tierakenteessa. Kuona on kierrätysmateriaalia läheiseltä Koverharin terästehtaalta. Tutkittu valtatielinjaus ei kenties edusta tyypillistä valtatietä kevyine ja kierrätettyine rakenneratkaisuineen. Koska linjaus kulkee pääasiassa Salpausselällä, kallioleikkauksia, pehmeikköjen täyttöjä ja korkeita pengerrakenteita ei juuri ole ja materiaalimenekki on ollut vähäistä (kuva 12).

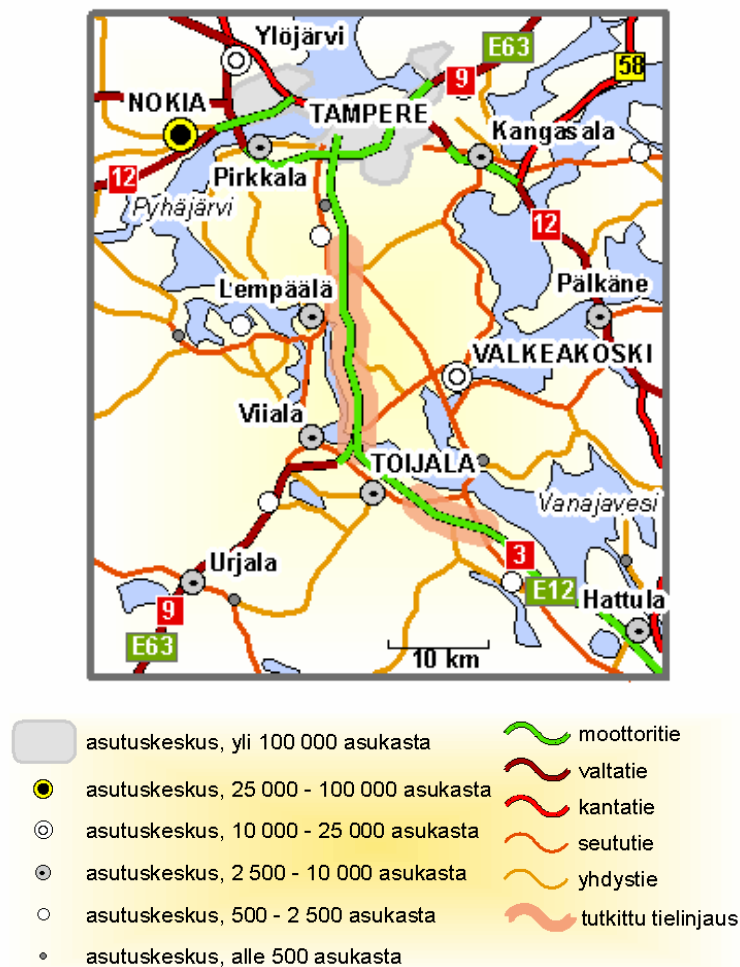


Kuva 12. Tutkittua valtatietä reunustaa harju- ja reunamuodostumille tyypillinen mäntymetsä (kuva tekijän, 14.8.2004).

4.3.4 Moottoritie

Moottoritie luetaan toiminnallisen tieluokituksen mukaan valtatieksi eikä sitä eroteta omaksi tieluokakseen. Tässä tutkimuksessa käytetään kuitenkin valtatie 25:n osalta valtatie-termiä ja valtatie 3:n osalta moottoritie-termiä, jotta välttyttäisiin sekaannuksilta.

Suomessa moottoritiet keskittyvät suurelta osin eteläiseen Suomeen Helsinki-Turku-Tampere – kolmioon. Tutkimukseen valittu moottoritie on osa Helsinki-Tampereen moottoritietä ja siten osa Valtatie 3:a. Tarkasteltava tieosuus on tiejaksolta Jutikkala-Kulju, joka avattiin liikenteelle 12.10.2000. Tutkittava tieosuus on pituudeltaan noin 22 kilometriä (kuva 13). Valtatie 3 on liikenne- ja kuljetusmääriltään merkittävimpiä tiejaksoja Suomessa. Valtatie 3:n kautta liikenne kulkee aina pääkaupunkiseudulta Seinäjoen ja Vaasan kautta Merenkurkkuun ja Pohjois-Suomeen asti. Helsinki-Hämeenlinna-Tampere –vyöhyke on Suomen kaupungistuneimpia alueita ja moottoritie on lyhentänyt välimatkoja kaupunkien välillä entisestään. Moottoritieyhteys Helsingin ja Tampereen välillä palvelee noin 1,8 miljoonaa asukasta.



Kuva 13. Tutkittu moottoritielinjaus on osa Helsinki-Tampere moottoritietä ja sen pituus on noin 22 kilometriä.

Moottoriteiden keskimääräinen vuorokausiliikenne on noin 20 600 autoa (Yleiset tiet 1.1.2004) ja on arvioitu, että Hämeenlinna-Tampere –välinkin liikennemäärä kasvaa nykyisestä 16 000 autosta joka vuosi varsinkin raskaan liikenteen osalta. Vuonna 2010 määrän ennustetaan olevan Lipon kohdalla Lempäälässä 20 000 autoa vuorokaudessa. Tällä hetkellä liikennemäärästä 11 % on raskasta liikennettä (Jokilehto 2004a).

Tutkittu moottoritielinjaus edustaa varsin hyvin kaikkia Suomen moottoriteitä, sillä moottoriteiden rakennustavat ja pohjarakenteet eivät juuri Suomen oloissa poikkea toisistaan. Moottoritielle on tyypillistä useat liittymät, sillat ja rampit (kuva 14), kallioleikkaukset, maaleikkaukset, täytöt, liikenteenohjauslaitteet ja erilaiset palvelualueet.



Kuva 14. Valtatie 3:n liikennettä Kuljun liittymässä 5.8.2004 klo 15.46 (Tiehallinto 2004d).

5 TUTKIMUSMENETELMÄNÄ MIPS

5.1 MIPS-luku

MIPS, Material Input Per Service unit, koostuu MI-luvusta ja S-luvusta. MI tarkoittaa materiaaalipanosta, joka vaaditaan tietyn tuotteen tai palvelun tuottamiseen. Tämä materiaaalipanos suhteutetaan palvelusta tai tuotteesta saatavaan hyötyyn S (kuva 15).

$$\text{MIPS} = \frac{\text{material input}}{\text{service unit}} = \frac{\text{MI}}{S} = \frac{\text{materiaalipanos}}{\text{palvelusuorite}}$$

Kuva 15. MIPS-luku eri muodoissaan.

Kun MIPS-luku pienenee, ekotehokkuus ja luonnonvarojen tuottavuus (S / MI) kasvavat. Keskittymällä materiaaalipanoksen (MI) pienentämiseen tai palvelun, tuotteen käyttökertojen

lisäämiseen (S) voidaan ekotehokkuutta ja luonnonvarojen tuottavuutta lisätä. Tuotteen tai palvelun luonnon kuormittavuutta voidaan vähentää muun muassa uusilla teknisillä ratkaisulla, tuotekehityksellä, käyttämällä uusiomateriaaleja sekä vaihtoehtoisia materiaaleja, valmistamalla kestävämpiä ja helpommin korjattavia tuotteita sekä nostamalla tuotteiden ja palveluiden käyttöikä (Eskola et al. 2002: 11).

MIPS-laskenta on työkalu tuotteiden ja palveluiden ekologisen paineen arviointiin ja erilaisten tuotteiden keskinäiseen vertailuun. MIPS-tarkastelu on pohjimmiltaan yksinkertaista panos-tuotos -laskentaa, jossa selvitetään tuotteen tai palvelun aikaansaamiseksi vaadittava materiaalipanos (Autio & Lettenmeier 2002: 15). MIPS-työkalun avulla voidaan löytää hyödykkeen luonnonvaroja kuluttavimmat osa-alueet ja siten ohjata suunnittelua ja päätöksentekoa luontoa säästävämpään suuntaan.

5.1.1 Materiaalipanos (MI)

Autonvalmistajilta voi saada tietoonsa auton materiaalikoostumuksen, esimerkiksi kuinka paljon mitään metallia valmis auto sisältää, mutta vaikeampaa on selvittää valmistuksessa käytettyjen raaka-aineiden alkuperä. Valmis tuote ei kerro, kuinka paljon maata on jouduttu siirtämään pois paikaltaan, kun malmeja on kaivettu auton valmistamista varten, kuinka paljon tuotanto on eri vaiheineen vaatinut kuljetuksia tai kuinka paljon luonnonvaroja on käytetty teräksen valmistamisessa tarvittavaan masuunin tuotantoon. Materiaalipanos (MI, material input) on kaikkien tuotteen tai palvelun vaatima materiaalien summa niin sanotusti kehdosta hautaan asti. MI ilmaistaan tonneissa (materiaalia) tonnia (raaka-ainetta tai tuotetta) kohti tai vastaavasti kilogrammoissa kilogrammaa kohti (Schmidt-Bleek 1998: 81 – 90).

Monille raaka-aineille on määritelty oma ns. MI-kerroin (taulukko 2). MI-kerroin on luku, joka pitää sisällään kaikki raaka-aineen, kuten alumiinin prosessoinnin (esim. louhinta, kuljetukset ja käsittelyt) aikana siirretyt materiaalien määrät ja energiankulutuksen ko. raaka-aineen painoyksikköä kohden (Ritthoff et al. 2002). Siten MI-kerroin ilmaistaan yksikössä ”kg käytettyjä luonnonvaroja / kg hyödynnettävää materiaalia” tai vastaavasti ”t käytettyjä luonnonvaroja / t hyödynnettävää materiaalia”. Energian MI-kerroin ilmaistaan yksikössä ”kg

luonnonvaroja / kWh energiaa” ja liikenteen kerroin ”kg / tkm” tai ”kg / hlökm” (Autio & Lettenmeier 2002: 20).

Taulukko 2. Esimerkkejä MI-kertoimista.

MATERIAALI	MI-KERROIN (KG/KG) ABIOOTTINEN	BIOOTTINEN	VESI	ILMA
alumiini	37,00		1 047,70	10,87
hiekkä	1,002		0,006	0,002
mänty	0,86	5,51	10	0,129

Mitä jalompi raaka-aine on kyseessä, sen suurempi MI-kerroin yleensä on. Esimerkiksi kullan abioottinen kerroin on 540 000. Toisaalta uusiomateriaalien kertoimet ovat huomattavasti alhaisempia, koska tällöin itse raaka-aineen prosessoinnissa ei tarvitse huomioida kuin lähinnä kierrätysprosessin vaatima energian ja veden kulutus.

Wuppertal-instituutin alkuperäisen mallin mukaisesti materiaalipanokset lasketaan viidessä eri kategoriassa: uusiutumattomat (abioottiset) ja uusiutuvat (bioottiset) luonnonvarat, vesi, ilma (lähinnä poltettu happi) ja siirretty maaperä (lähinnä maa- ja metsätalouden aiheuttama eroosio). *Abioottisia materiaaleja* eli uusiutumattomia luonnonvaroja ovat kiinteät mineraali-raaka-aineet kuten kivet ja malmit kaivoksista, louhoksista ja sulatoista. Uusiutumattomia luonnonvaroja ovat myös fossiiliset polttoaineet: hiili, maaöljy ja –kaasu. Kolmanteen ryhmään kuuluvat kaikki ne maa- ja kivimassat, joita joudutaan siirtämään esimerkiksi malmien louhimisen alta sekä niin kutsutut ylijäämämaat rakentamisen kuten liikenneväylien alta (Schmidt-Bleek 1998: 81 – 90).

Bioottisia materiaaleja eli uusiutuvia luonnonvaroja ovat kaikki ihmisen käyttöön ottama kasvien biomassa: sekä viljeltyt että viljelemättömät kasvit viljoista ja marjoista puihin ja pensaisiin. Myös eläimet kuuluvat tähän luokkaan, vaikka ihmisten kasvattamien eläinten biomassa lasketaankin eläimen kuluttamana kasvipanoksena (kuten lehmän syömänä ruohona) (Schmidt-Bleek 1998: 81 – 90).

Veden osalta lasketaan kaikki se vesi, joka otetaan pois luonnosta teknisin toimenpitein. Myös sadevesi, joka siirtyy ihmisen toimien vuoksi pois alkuperäiseltä, luonnolliselta paikaltaan, lasketaan mukaan. Siten myös teiden laskuissa kaikki sadevesi, joka on satanut asfaltille lasketaan mukaan, koska vesi ei pääse imeytymään alkuperäiselle pinnalle. Patoamisen aiheuttamat muutokset ja maanviljelyyn tarvittava kastelu kuuluvat myös tähän kategoriaan. Monet metallit, kuidut ja muovit vaativat valmistuakseen suuria määriä vettä.

Ilma huomioidaan siltä osin, kuin sitä muutetaan joko kemiallisesti tai fysikaalisesti. Tällaista ovat erilaiset polttoprosessit sekä kemiallis-fysikaaliset reaktiot. Laskelmissa suuri osa ilman luvusta koostuu poltetun hapen osuudesta. Mekaanisesti siirrettyä ilmaa kuten tuulimyllyjen tai ilmastoinnin käyttämää ilmaa ei huomioida (Schmidt-Bleek 1998: 81 – 90).

Siirretty maaperä lasketaan lähinnä maa- ja metsätalouden MIPS-lukuja selvittäessä. Tarkastelu keskittyy maanmuokkauksen aiheuttamaan eroosioon, koska mekaaninen maanmuokkaus aiheuttaa aine- ja energiavirtoineen huomattavia ekologisia muutoksia. Tässä tutkimuksessa maansiirrot / eroosio-luokka on jätetty pois, koska maa- ja metsätalouden tuotteiden merkitys tieliikenteen materiaalivirroissa on olematonta. Lisäksi valmiissa MI-kertoimissa näitä lukuja ei kaikilta osin ole vielä määritelty ja tutkimus on Wuppertal-instituutissa kesken.

Yksinkertaistettuna laskua voidaan suorittaa yhden luvun muodossa: abioottiset ja bioottiset luonnonvarat yhteenlaskettuna. Tällöin laskuissa jätetään huomiotta vesi, ilma ja eroosio (Autio & Lettenmeier 2002: 15).

Viisi eri kategoriaa osoittavat sen, että luonnonvarat eivät ole yksi kokonaisuus, vaan ihmisen vaikutus luontoon kohdistuu niillekin alueille, joita emme näe. ”Poissa silmistä, poissa mielestä” –sanankäyttö ei päde MIPS-tarkastelutavassa, koska menetelmä ulottaa vaikutustarkastelun aina tuotteen raaka-aineiden valmistukseen ja toisaalta tuotteen elinkaaren loppuun asti. Vaikka emme näe ilmaa, emmekä ehkä osaa arvostaa ilmaa luonnonvarana, voimme kuitenkin todeta suurkaupunkien savusumujenkin jo osoittavan sen, että ilma on rajallinen luonnonvara siinä, missä puhdas vesikin.

5.1.2 Palvelusoorite (S)

MIPS-menetelmän mukaan tuotteet ja palvelut ovat aina jonkin hyödyn tai palvelun tuottajia – ihminen ei oikeastaan tarvitse tuotteita niiden itsensä vuoksi vaan ennemminkin niistä saatavia palveluita. Palvelusoorite S määritetään tapauskohtaisesti. Palvelusooritteella tarkoitetaan tuotteesta tai palvelusta saatavaa hyötyä. Se voi olla esimerkiksi vaatetta tarkastellessa yksi käyttökerta, pyykkikonetta tarkastellessa yksi puhdas pyykkikilo tai eri liikennemuotoja tarkastellessa kulkuvälineellä kuljettu henkilökilometri.

Kun materiaaalipanos MI suhteutetaan palveluun, voidaan samanlaisia palveluja tuottavia hyödykkeitä vertailla keskenään. Siten esimerkiksi eri liikennemuotojen luonnonvarojen kulutusta voidaan vertailla toisiinsa, kun kaikkien liikennemuotojen kulutus suhteutetaan henkilö- ja tonnikilometreihin.

5.2 Laskennan seitsemän vaihetta

MIPS-laskenta voidaan jakaa seitsemään eri osavaiheeseen. *Ensimmäisenä* tutkijan tulee määrittää tutkimuksen kohde ja tarkoitus; mitkä ovat tavoitteet ja keskeiset tutkimuskysymykset ja kuinka yksityiskohtaisesti tutkimus voidaan suorittaa. Lisäksi määritetään tutkimuskohteen antama hyöty eli palvelusoorite, johon materiaalien kulutus suhteutetaan. Jos tutkimustuloksia on tarkoitus vertailla toisiin hyödykkeisiin tai palveluihin, kannattaa palvelusoorite määritellä siten, että lopputulokset ovat vertailtavissa keskenään (Ritthoff et al. 2002: 18 – 19).

Toiseksi selvitetään tutkimuskohteen elinkaari ja kaikki esiprosessi- ja prosessiketjut, joiden kautta hyödyke ja sen raaka-aineet syntyvät. Prosessiketjut sisältävät hyödykkeen ja sen materiaalien valmistamisen, käytön ja poiston aikaisen materiaalien kulutuksen. Esimerkiksi auton valmistamiseen käytettyjen alumiinikilojen kaikki prosessointivaiheiden kulutukset tulee ottaa laskuissa huomioon – aina malmin kaivamisesta asti. Prosessiketjut voivat olla hyvin monimutkaisia, minkä vuoksi tarkastelu ei yleensä voi olla kaiken kattavaa. Ritthoff et al. (2002: 13) huomauttaakin, että esimerkiksi yhden villapaidan prosessi- ja esiprosessiketjujen selvittäminen veisi hyvin kauan aikaa: villa tuodaan Australiasta, jonka kuljettamiseen

vaaditaan rahtilaivaa, joka on valmistettu teräksestä, jonka tuottaminen on vaatinut terästehtaan rakentamisen, jota varten on kaivettu x määrä maata, kalliota jne. Kun voidaan perustella tietyn ketjun olevan lopputuotteen MI-arvojen kannalta olematon, voi ketjun tarkastelun katkaista ja jättää huomiotta.

Käytännössä kaikkia materiaalien prosesseja ei itse tarvitse laskea, koska Wuppertal-instituutissa ja muualla, esimerkiksi FIN-MIPS Liikenne –hankkeessa, lasketaan jatkuvasti eri materiaaleille valmiita MI-kertoimia, jotka sisältävät kaikki käyttövalmiin materiaalikilon vaatimat kulutukset (Wuppertal Institute 2003). Tämä MI-kerroin ilmoittaa kilogrammoissa (tai tonneissa) sen luonnonvarojen määrän, joka vaaditaan yhden materiaalikilon (tai materiaalitonnin) käyttöön saamiseksi.

Kolmannessa vaiheessa keskitytään tuotteen tai palvelun materiaalitiedon kokoamiseen ja käsittelemiseen. Tieto tulee olla laskuja varten hyvin dokumentoitu lähteineen, huomioineen, tarkkoine lukuineen ja yksikköineen. Tämä tutkimuksen osavaihe on kaikkein työläin ja vaativin, koska pienetkin virheet ja epävarmuudet voivat heijastua koko laskennan läpi lopputuloksiin asti. Tiedon tulee pääasiassa olla varmaa ja jälkeenkäinkin tarkistettavaa, mutta tietojen puuttuessa voidaan tehdä arvioita selkeine perusteluineen (Ritthoff et al. 2002: 22 – 24).

Kolmannen vaiheen jälkeen tutkimuksen alustavista tuloksista saadaan suuntaa-antava kuva siitä, mikä osa tuotteesta tai palvelussa kuluttaa eniten luonnonvaroja. *Neljännessä* vaiheessa lasketaan hyödykkeen materiaalipanokset, MI:t, valmistamisvaiheeseen asti. Hyödykkeen tuotantovaiheeseen asti kuluttamat materiaalit, energiat ja kuljetukset kerrotaan kukin omien MI-kertoimien kanssa viidessä tai kuten tässä tutkimuksessa neljässä kategoriassa. Jos valmista MI-kerrointa ei ole olemassa, lasketaan kerroin itse selvittämällä kaikki prosessi- ja esiprosessiketjut, jotka tarvitaan materiaalin käyttöön saamiseksi ((Ritthoff et al. 2002: 28 – 29). Tuotteen tai palvelun aiheuttamia jätteitä ei lasketa, koska MIPS-menetelmän mukaan jätteet ovat elinkaaren tuotoksia eikä panoksia (Schmidt-Bleek 1994: 106). Jätteet muodostavat materiaalit on kuitenkin huomioitu jo valmistuksessa tai käytössä materiaalipanoksina.

Viidennessä vaiheessa lasketaan hyödykkeen materiaalipanokset tuotteen käytön ja poiston eli hävittämisen ajalta samalla tavalla kuin neljännessä vaiheessa: materiaalikilojen määrät kerrotaan kukin omien MI-kertoimiensa kanssa. Tämän jälkeen voidaan laskea neljännen ja viidennen vaiheen MI-luvut yhteen kussakin viidessä kategoriassa, jolloin tulokseksi saadaan hyödykkeen luonnonvarojen kulutus uusiutumattomien ja uusiutuvien luonnonvarojen, veden, ilman ja maansiirtojen osalta (Ritthoff et al. 2002: 30).

Kuudennessa vaiheessa MI-luvuista muodostetaan MIPS, kun kaikki viisi MI-lukua jaetaan tutkimuksen alkuvaiheessa määritellyllä palvelusuoritteella S. Lopputuloksena saadaan viisi MIPS-lukua, joita voidaan vertailla samaa palvelua tuottavien muiden hyödykkeiden kanssa.

Seitsemäs eli viimeinen vaihe on tulosten tulkintaa. Abioottiset ja bioottiset MI-luvut voidaan tarvittaessa laskea yhteen yhteiseksi luvuksi, mutta muita kategorioita on käsiteltävä erikseen. Tulosten tulokinnassa keskitytään tarkastelemaan hyödykkeen niitä elinkaaren osia, jotka kuluttavat eniten luonnonvaroja. Tutkimustarpeista riippuen tehdään kehitysehdotuksia ja toimenpiteitä, joiden avulla hyödykkeestä saadaan ympäristöä vähemmän kuormittava.

5.3 Tavoitteena materiaalivirtojen pienentäminen

MIPS-menetelmän tavoite on paitsi osoittaa tuotteiden ja palveluiden koko elinkaaren aikainen materiaalin kulutus palveluyksikköä kohden myös ohjata tuotesuunnittelua sinne, missä luonnonvaroja kulutetaan vähän. Tavoitteena on kehittää tuotteita ja palveluita, jotka kuluttavat vähän luonnonvaroja, mutta tuottavat silti laadukasta palvelua. Tavoite voidaan saavuttaa joko pienentämällä materiaalipanosta (MI) tai kasvattamalla palvelusuoritetta (S) (Autio & Lettenmeier 2002: 16).

Materiaalipanoksen pienentäminen merkitsee tuotteen raaka-aineiden vaihtamista vähemmän kuluttaviin materiaaleihin, uusien ja tehokkaiden tuotantomenetelmien käyttöönottoa, huomion kiinnittämistä energian- ja veden kulutukseen sekä tuotteen käytön ja poiston aikaisen kulutuksen kehittämistä luontoa säästävämpään suuntaan. Kun tuotteen luonnonvarojen kulutus pienenee palvelusuoritteen pysyessä silti samana, vähenee kulutus jokaista palvelukertaa kohden.

Samalla tavoin tuotteen tai palvelun palvelusuoritetta lisäämällä luonnonvarojen kulutus vähenee jokaista palvelukertaa kohden. Tämä vaatii teknisten edistysten lisäksi myös ihmisten asenteiden muutosta. Yritykset voisivat tarjota kestävien tuotteiden vuokrauspalveluita ja korjauspalveluita uusien tuotteiden myymisen sijaan. Tuotteiden loppukäyttöä voisi myös edistää ja kehittää (Autio & Lettenmeier 2002: 16).

6 LASKENTA TÄSSÄ TUTKIMUKSESSA

Tutkimusongelmaa lähestyttiin ensin kokoamalla Suomen yleisistä teistä keskeisiä tilasto- ja määrätietoja yhteen. Näin saatiin suuresta tutkimuskentästä suhteellisen kattava yleiskuva, jonka perusteella oli helpompi keskittyä tieverkon kannalta oleelliseen tietoon. Toiseksi keskityttiin tarkastelemaan itse tutkimusaihetta eli yleisten teiden luonnonvarojen kulutusta. Tätä tutkimusongelmaa lähestyttiin tapausesimerkkien kautta. Tutkimuksissa laskettiin tien materiaalit koko elinkaaren ajalta tien rakentamisesta ylläpitoon. Kolmanneksi laskettiin ajoneuvojen elinkaarenaikainen materiaalipanos tuotannon, käytön ja poiston aikaisine kulutuksineen. Neljänneksi tarkasteltiin tieliikenteen palvelusuoritetta (S), joka päätettiin valita siten, että tutkimustulokset olisivat vertailtavissa muiden FIN-MIPS Liikenne –hankkeessa tarkasteltujen liikennetyyppien kanssa. Allokointikysymystä tarkasteltaessa esitettiin eri vaihtoehtoja, missä suhteessa tien materiaalipanos jaetaan tien käyttäjien kesken. Lopputuloksena saatiin MIPS-tulokset, jotka esitellään kappaleessa kahdeksan.

Lukujen laskenta suoritettiin kappaleen 5.2 esittämän seitsemän vaiheen laskennan mukaisesti. Tutkimuksen tavoitteet ja kysymykset määriteltiin koko FIN-MIPS Liikenne –projektin kannalta mielekkäiksi, jolloin tutkimus palveli sekä projektia että pro gradu –työtä. Koska aikaisempaa tutkimusta tieliikenteen MIPS-luvuista ei ollut käytettävissä, tehtiin tutkimus alusta alkaen mahdollisimman yksityiskohtaisesti.

6.1 Tapausesimerkkien valinta

Esimerkkihankkeiden eli neljää eri tieluokkaa edustavien tieosuuksien valinta aloitettiin tutkimalla Tiehallinnon tierekisteriä (Tiehallinto 2004c). Rekisterissä on kaikki Suomen yleiset tiet eri pituisina tienpätkinä eri ominaisuustietojen mukaisesti. Tierekisterin pohjalta valittiin tutkimuksen kannalta oleelliset ominaisuustietoluokat, joiden perusteella edustavia tieosuuksia aloitettiin etsiä. Tietoja yksinkertaistettiin ja yleistettiin, jotta saatiin yhtenäisiä tieosuuksia tarkastelun alle. Koko rekisterin teistä jätettiin automaattisesti pois kaikki tiet, joissa ei oltu tehty toimenpiteitä 1970-luvun jälkeen, koska tällaisten teiden hankeasiakirjat olisivat todennäköisesti olleet vaikeasti saatavilla. Samoin tarkastelun ulkopuolelle jätettiin kaikki alle 10 kilometrin pituiset tienpätkät. Aineisto jaettiin toiminnallisen luokituksen mukaisiin tilastoihin, jonka jälkeen tieluokkiin perustuvaa tilastotietoa aloitettiin käsitellä tilastollisin menetelmin. Tarkoituksena oli saada esille kaikkein edustavimmat tieosuudet Suomesta, tietyin kriteerein.

Tiedot kriteerien valitsemiseksi löytyvät erilaisista Tiehallinnon julkaisuista, joista löytyi tilastotietoa Suomen tieverkosta (esimerkiksi valtatie yleisin tienleveys, keskimääräinen vuorokausiliikenne). Teiden määrä pieneni täten huomattavasti ja lopuksi jäljellä olevista (mahdollisimman lähellä tieluokkien keskiarvoja olevat tielinjaukset) hankkeista valittiin edustavimmat. Näistä teistä valittiin yksi moottoritie, yksi valtatie, yksi seututie ja yksi yhdystie. Tiedon keräämisessä ja analyysissä liikuttiin kuitenkin suhteellisen karkealla tasolla, jotta syntyisi mahdollisimman kattava kuva koko Suomen yleisistä teistä.

Valittujen teiden hankeasiakirjojen etsiminen arkistoista ja materiaalitietojen kyseleminen Tiepiirien asiantuntijoilta osoitti tietojen olevan hyvinkin vaikeasti saatavilla. Näin ollen alun perin valitun yhdystien osalta tietoja ei löytynyt ja tähän tutkimukseen uudelleen valittu yhdystie tuli valituksi itse rekisteritietojen ulkopuolelta. Siten esimerkiksi tien pituus (yhdeksän kilometriä) ei noudata rekisteriin syötettyä minimiarvoa (10 kilometriä). Hämeen tiepiirin tiemestareiden mukaan uusi valittu yhdystie edustanee kuitenkin rakenteensa puolesta suhteellisen hyvin suomalaista alemman tieluokan tietä.

Ajoneuvojen osalta tarkastelua haluttiin toteuttaa mahdollisimman kattavasti huomioiden sekä henkilö- että tavaraliikenne. Siten tarkasteltaviksi ajoneuvotyypeiksi valittiin henkilöliikenteen

osalta henkilöauto ja linja-auto ja tavaraliikenteen osalta pakettiauto, kevyt kuorma-auto, puoliperävaunurekka ja täysperävaunurekka.

6.2 Laskennan keskeisiä vaiheita

6.2.1 Elinkaaren määrittely

Elinkaaritutkimuksen tavoitteena on osoittaa tietyn tuotteen tai palvelun aiheuttamaa ympäristön kuormitusta ja luonnonvarojen kulutusta konkreettisin numeroin koko elinkaaren ajalta. Tieliikennettä tutkittaessa elinkaari tuli määrittää sekä teiden että ajoneuvojen osalta. MIPS-ajattelutavan mukaisesti tämä elinkaaren aikainen kulutus suhteutettiin lopuksi tiestä saatavaan hyötyyn, jolloin lopputuloksena on tieto, kuinka paljon tietyllä ajoneuvolla ajaminen tietyllä tieluokan tiellä Suomessa kuluttaa luonnonvaroja palvelua kohden.

Teiden elinkaaren arviointiin voi olla kaksi lähestymistapaa: tien tekninen elinkaari ja tien toiminnallinen elinkaari. Teknisellä elinkaarella tarkoitetaan ohjeistuksilla mitoitettua elinkaarta, joka on keskimääräinen arvio ja tavoite teiden elinkaarelle ja sinä aikana toimitettaville toimenpiteille. Toiminnallinen elinkaari on ajanjakso, joka määritetään kentältä saatuihin käytännön tietoihin. Tiehallinnon ohjeet käsittelevät tien teknistä elinkaarta, ”tavoiteikää”. Näitä tietoja saatiin Tiehallinnon asiantuntijoilta (Lehtonen 2004; Kallionpää 2004). Toiminnallisesta elinkaaresta tietoja antoi Jorma Jokilehto Tieliikelaitokselta, jonka mukaan toiminnallinen elinkaari vastaa pääsääntöisesti teknistä elinkaarta (Jokilehto 2004b). Tässä tutkimuksessa elinkaaren toimenpidetiedot pohjautuvat pääasiassa teknisen elinkaaren ohjeisiin.

Tien elinkaaresta ei ole olemassa tiettyä yleisesti sovittua vuosimäärää, jonka tie ”eläisi” ja sen jälkeen ”kuolisi”. Tie ei pääsääntöisesti koskaan ”lakkaa olemasta”. Jos tien viereen rakennetaan toinen isompi tie, jää alkuperäinen tie kuitenkin vaikuttamaan edelleen pienempiluokkaisena tienä. Tien käyttöikä on hyvin vaikeaa määritellä. Esimerkiksi moottoritiet on rakennettu kestämaan yli 60 vuotta. Kuitenkaan emme pysty kovin hyvin ennustamaan, olisiko nyt rakennettavilla moottoriteillä vielä käyttöä 60 vuoden päästä, koska

myös 60 vuotta sitten liikennejärjestelmä ja -käyttäytyminen olivat aivan erilaisia kuin nyt. Määritelty käyttöikä vaikuttaa suuresti tieliikenteen MIPS-lukuihin, sillä mitä kauemmin tie vaikuttaa, sen pienemmäksi luonnonvarojen kulutus muodostuu ajoneuvokilometriä kohden. Tiehallinnon ja Tieliikelaitoksen asiantuntijoiden arvioiden mukaan tien elinkaareksi määriteltiin kuitenkin tätä tutkimusta varten 60 vuotta.

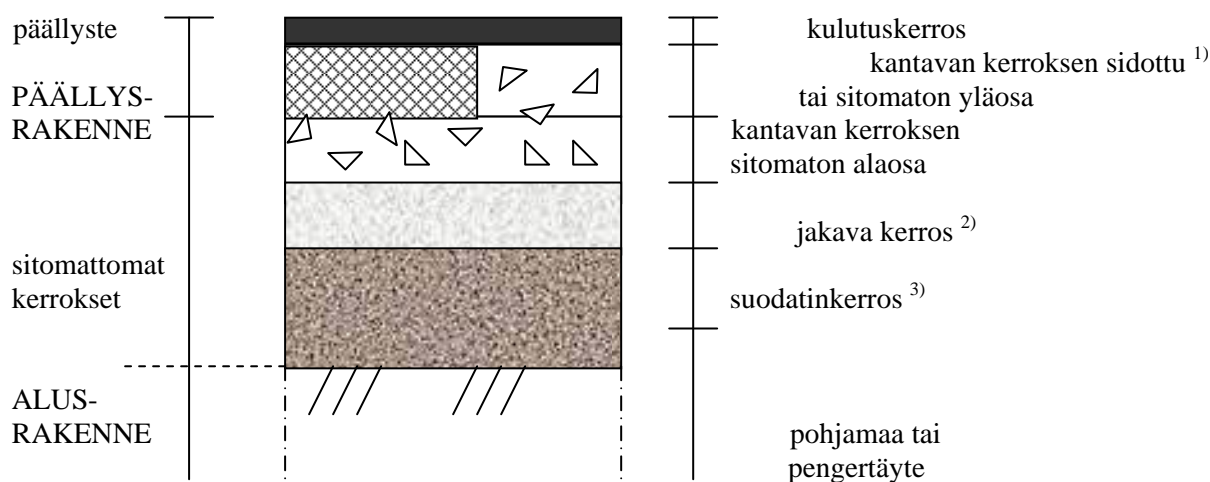
Ajoneuvojen osalta valmistajien mukaan henkilöauton elinkaari Suomessa on noin 270 000 kilometriä (Schweimer & Levin 2004) ja kuorma-autojen ja linja-autojen 1 000 000 kilometriä (Volvo 2004a; Volvo 2004b).

6.2.2 Materiaalitietojen laskentaa

Tutkimustuloksia tarkasteltaessa on syytä huomioda, että materiaalitiedot ovat osittain todellista tietoa asiakirjoista ja toisaalta arvioita yleisten käsitysten pohjalta. Asiakirjoista saadut tiedot koskevat kyseisiä tapaustutkimuksia, jolloin ei täysin voida olettaa, että materiaalien kulutus olisi kauttaaltaan vastaavaa kaikilla kyseisen tieluokan teillä Suomessa. Toisaalta esimerkiksi pohjanvahvistustoimenpiteitä ei ole mainittu kaikissa esimerkkiteiden asiakirjoissa, mutta niitä koskevat tiedot lisättiin elinkaaritarkasteluun, jotta esimerkkilaskelmat vastaisivat paremmin tarkasteltavan tieluokan valtakunnallisia ominaisuuksia.

Kustakin tiehankkeesta laskettiin materiaalinkulutus tiemetriä kohden. Tiemetrillä tarkoitetaan metrin pituista tienpätkää, jonka leveys kuitenkin vaihtelee tieluokasta riippuen. Laskelmassa otettiin mahdollisimman tarkasti huomioon pääväylän rakenne (kuva 16) tehtyine toimenpiteineen, sekä sillat, tunnelit, liittymät, risteävien teiden järjestelyt, kevyen liikenteen järjestelyt, kuivatusjärjestelmät ja valaistusjärjestelmät siltä osin kuin ne asiakirjoissa ilmoitettiin. Perusteltuja arvioita tehtiin muun muassa Tiehallinnon asiantuntijoiden kanssa silloin, kun siihen oli tarvetta. Lisäksi laskettiin kaikki elinkaaren aikana suoritettut rakenteen parantamiset (esimerkiksi raskaat ja kevyet rakenteen parantamiset) sekä kunnossapidon toimenpiteet (suolaus, hiekoitus, auraus). Tutkimuksen edetessä joidenkin materiaalitietojen kerääminen voitiin jättää pois, koska huomattiin, ettei materiaalmäärillä ollut kokonaisuuden kannalta suurta merkitystä. Tielinjauksen alta hakattuja puita ja niiden biomassaa ei lähdetty

tämän tutkimuksen puitteissa arvioimaan, vaikka periaatteessa puita saatetaan kaataa hyvinkin suuria määriä tiehankkeen alta.



Kuva 16. Tien rakennekerrokset yleistettynä (Ehrola 1996: 138). 1) Kantava kerros on sorasta/ murskeesta tehty rakenne, joka ottaa vastaan tiehen kohdistuvat rasitukset. Kerros voi olla sidottu esimerkiksi bitumilla. 2) Jakava kerros on usein soraa ja 3) suodatinkerros hiekkaa.

Ajoneuvojen materiaalitiedoista laskettiin auton tuotanto sisältäen itse ajoneuvon materiaalit sekä tuotannon aikaiset energian ja veden kulutukset sekä muut mahdolliset tuotannon aikaiset materiaalit, auton käytön aikainen kulutus sisältäen varaosat, polttoaineet ja muut materiaalit sekä autoa poistettaessa (elinkaaren loppu) kuluva energia, vesi ja muut mahdolliset materiaalit. Kaikkien teiden ja ajoneuvojen peruslaskujen eli elinkaarilaskujen taulukot ovat liitteissä 2-10.

Teiden ja ajoneuvojen elinkaaren aikaisten materiaalitietojen kokoamista varten rakennettiin Excel-pohjainen taulukko, joka oli ulkonäöltään yhteneväinen jokaisen tarkasteltavan tien ja ajoneuvon kesken. Taulukon pystysuorien rivien materiaalitiedot etenevät loogisesti vasemmalta tietolähteiden ilmoittamista luvuista oikealle MI-kertoimien kautta laskettuihin materiaalipanoksiin MI. Vaakasuorassa materiaalitiedot etenevät valmistuksesta ja tehdyistä toimenpiteistä alaspäin kohti hyödykkeen elinkaaren aikaisia kulutuksia ja lopulta ajoneuvojen osalta poiston vaatimiin kulutuksiin (kuva 17).

HENKILÖAUTO										
VW Golf A4 petrol										
lähteet: Schw eimer et al. (2004) ja Volksw agen (2004)										
HENKILÖAUTON MATERIAALIKOOSTUMUS			MI (kg/kg)				MI			
MATERIAALI	kg	käytetty MI-arvo	abiottinen	bioottinen	vesi	ilma	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
runko:										
teräs ja rauta	634,391	teräs (cold rolled)	8,51		74,8	0,492	5 399		47 452	312
platina	0,002	platina	320 300		193 000	13 800	480		290	21
synteettiset aineet	167,465	polypropyleeni (gran	2,09		35,8	1,482	350		5 995	248
polttoaine, öljy, voiteluaineet	63,989	etylenei glykoli (ethy	2,9		133,5	2,293	186		8 543	147
kevyet metallit (pääasiassa Al)	5,183	alumiini (neitseellinen)	37		1047,7	10,87	192		5 430	56
kierrätettyä 90%	46,649	alumiini (kierrätetty)	0,85		30,7	0,948	40		1 432	44

- 1 ajoneuvojen laskuissa materiaalitiedot ja teiden laskuissa työsuoritus tai rakenne
2 valmistajilta, asiantuntijoilta tai lähteistä saadut materiaalien painot tai muiden panosten määrät
3 käytetty MI-luku: tieto pääasiassa Wuppertal-instituutista
4 MI-kertoimet neljässä kategoriassa
5 lasketut materiaalipanokset, MI: ”sarake 2 * sarakkeen 4 kerroin” (punaiset viivat)

Kuva 17. Tutkimuksessa käytetty laskukaavake saraketietoineen.

6.2.3 Laskennassa käytettyjä oletuksia

Todellisten asiakirjoista saatavien tietojen lisäksi tutkimuksessa käytettiin myös yleisiä oletuksia, kun ne tutkimuksen kannalta todettiin tarpeellisiksi ja perustelluiksi. Hankeasiakirjoissa ilmoitetut massamäärät ovat usein teoreettisia tietoja, jolloin lukuihin ei ole otettu mukaan niitä materiaalien määriä, jotka jostain syystä häviävät ”matkan varrelle”. Esimerkiksi, kun hiekkaa otetaan harjasta ja kuljetetaan rakennustyömaalle, osa kaivetusta hiekasta on valunut pois jo kaivuupaikalla, jäänyt matkan varrelle tai kenties työmaalla kulkeutunut muualle. Asiakirjojen massamäärät eivät sisällä näitä lukuja. Massahävikki on 5-10 % suuruusluokkaa (Valkeisenmäki 2004a). Tämä on otettu huomioon laskuissa siten, että murskeen, soran, hiekan ja pintamaan (näihin kaikkiin käytetty murskeen ja luonnonhiekan MI-kertoimia) massoihin on lisätty 5 % suuruinen hukka. Hukkaprosentteja ei ollut mielekästä käyttää muiden materiaalien osalta. Valmiit kertoimet, jotka sisältävät kuljetuksen sekä hukkaprosentin, on laskenut Leena Vihermaa (2004) omassa pro gradu –työssään.

Ajoneuvojen valmistuksessa on käytetty hyvin paljon kierrätettyjä materiaaleja (liitteet 2-6). Mikäli valmiita kierrätettyjen materiaalien MI-kertoimia ei ollut saatavilla, jätettiin kierrätetyt materiaalit huomiotta. Niiden materiaalipanos on jo kertaalleen langennut sille tuotteelle, johon materiaali on ensin käytetty, vaikkakin kierrätetty materiaali kuluttaa toki kierrätysprosessien

aikana jonkin verran muun muassa sähköä ja vettä. FIN-MIPS Liikenne –tutkimuksessa on kuitenkin päätetty yhtenevästä linjasta, jonka mukaan kertoimen puuttuessa kierrätettyä materiaalia ei huomioida.

MI-kertoimien käytössä on toisinaan jouduttu turvautumaan arvioihin ja kertoimen puuttuessa jonkun vastaavan kertoimen käyttöön. Bitumille ei ole olemassa kerrointa, jolloin kertoimena on käytetty kevyen polttoöljyn lukuja. Henkilöauton polttoaineen osalla on käytetty bensiinin kertoimen puuttuessa dieselin lukuja, mikä ehkä hieman pienentää luonnonvarojen kulutusta.

Sähkön kulutuksen osalta oletettiin, että kaikki kotimainen sähkönkulutus olisi Helsingin Energialta. Vihermaa (2004) on laskenut Helsingin Energian sähkön MI-kertoimiksi 0,63 kg abioottisia luonnonvaroja / kWh, 0 kg bioottisia luonnonvaroja / kWh, 30,53 kg vettä / kWh ja 0,37 kg ilmaa / kWh. Vuosisadannan oletettiin olevan kaikilla teillä 625 mm vuodessa (Ilmatieteen laitos 2004).

Jotta esimerkkiet edustaisivat mahdollisimman kattavasti kaikkia edustamia tieluokan teitä, nähtiin laskuihin tarpeelliseksi lisätä arviot teiden pohjanrakennusmenetelmistä. Tapausesimerkit eivät siten todellisuudessa sisällä kaikkia menetelmiä, vaan ne on lisätty laskelmiin, jotta tie edustaisi keskimääräistä suomalaista kyseisen tieluokan tietä. Arviot pohjanrakennusmenetelmien suhteellisista käyttöpituuksista eri tieluokan teillä saatiin Tieliikelaitokselta (Valkeisenmäki 2004b). Luvuissa huomioitiin myös tietyyppien jakautuminen erilaisille pohjamaille. Pohjanrakennusmenetelmiä ovat massanvaihto, pengerpaalutus, syvästabilointi, kevytsorapenger ja vastapenger. Massanvaihdon täyttömateriaali tulee yleensä pääasiassa tielinjalta maaleikkauksien ja kallioleikkauksien massoista, joten tässä tutkimuksessa käytetään oletusta, jonka mukaan 90 % massoista tulee tielinjalta ja 10 % ulkopuolelta. Teiden elinkaarilaskuista (liitteet 7-10) nähdään, että menetelmien materiaalimenekki on merkittävä ja siten pohjanrakentamisen toimenpiteiden huomioiminen lisää laskujen luotettavuutta.

Teiden rakennekerrosten uusimisvälit arvioitiin Tiehallinnon asiantuntijoiden ohjeiden sekä elinkaarikustannusanalyysi –tutkimuksen (Petäjä & Spoof 2001: 25 – 42) mukaisesti. Yhdystiellä asfalttia uusitaan noin 20 vuoden välein ja rakennekerroksia noin 40 vuoden välein. Seututiellä vastaavat luvut ovat päällysteelle 15 vuotta ja rakenteelle 30 vuotta.

Vilkkaammin liikennöidyillä teillä päällysteen uria korjataan noin 6 vuoden välein, joskus harvemminkin (Lehtonen 2004). Remix-päällytys on uusiomenetelmä, jossa tien vanhaa asfalttia sulatetaan ja sekoitetaan uuden asfalttimassan kanssa uudeksi asfalttikerrokseksi. Remixiä voidaan tehdä tielle enintään kaksi kertaa peräkkäin (Kallionpää 2004). Tässä tutkimuksessa arvioitiin, että valtatiellä pintausten / remix:n toimenpideväli olisi 10 vuotta edellisestä päällystyksestä ja vastaavasti moottoriteillä 6 vuotta. Tierakenne mitoitetaan yleisesti niin, että päällystekerrokset kestävät 60 vuotta, mutta tarvittaessa pintaan uusitaan päällystekerros (LTA) 20 vuoden välein. Tässä tutkimuksessa valtatiellä ja moottoritiellä laskettiin LTA-päällystystä tarvittavan 20 vuoden välein. Sitomattomat kerrokset ja pohjanvahvistukset kestänevät käyttökunnossa jopa 100 vuotta (Lehtonen 2004), joten niiden uusimisia ei tapahtune 60 vuoden aikana.

Kunnossapidon hiekan, suolauksen ja aurauksen toimenpidevälien arvioita saatiin tutkimuksen käyttöön Tiehallinnosta (Lappalainen 2004). Tiedot ovat arvioita, eivätkä perustu varsinaiseen kirjalliseen tietoon, mikä on syytä huomioda tarkastelussa. Toisaalta kunnossapidon materiaalien kulutus on kokonaisuuden kannalta hyvin vähäistä ja lopputulosten kannalta lähes merkityksetöntä.

6.2.4 Palvelusuoritteiden valinta

Elinkaarenaikainen materiaalien kulutus suhteutetaan MIPS-ajattelun mukaisesti siihen palveluun, jota hyödyke tuottaa. Palvelusuoritteeksi valittiin ajoneuvokilometrit, henkilökilometrit ja tonnikipometrit, koska tieliikenteen palveluksi voidaan määritellä henkilöiden ja tavaroiden kuljettaminen. Palvelusuorite on sama FIN-MIPS Liikenne – hankkeen osatutkimusten kesken, jolloin tuloksia voidaan vertailla raideliikenteen, lentoliikenteen, laivaliikenteen ja pyöräliikenteen tuloksiin.

Palvelusuorite (S) laskettiin yleisten teiden käytöstä (yleisellä tiellä 60 vuoden aikana kulkevat ajoneuvot / henkilöt / tavaratonnit) sekä ajoneuvon käytöstä (ajoneuvossa kulkevat matkustajat tai tavaratonnit). Tiedot laskettiin sekä henkilö- että tavaraliikenteelle. Suoritetta varten tuli selvittää ajoneuvojen tuottamat keskimääräiset palvelut, eli ihmiset ja tavaratonnit sekä keskimääräiset vuorokausiliikenteet kunkin tieluokan osalta.

Henkilöauton keskimääräinen käyttöaste on 1,4 matkustajaa ja linja-auton 13 matkustajaa. Tavaraliikenteessä arvioitiin keskimääräisten kuljetusten olevan pakettiautolla 1 tonni, kevyellä kuorma-autolla 7 tonnia, puoliperävaunurekalla 14 tonnia ja täysperävaunurekalla 21 tonnia (Tieliikenteen tavarankuljetustilasto 2/2004). Teiden keskimääräiset vuorokausiliikenteet (KVL) ja liikenteen jakautuminen eri tieluokkiin ovat molemmat valtakunnallisia keskiarvoja. Käytetyt KVL-luvut ovat taulukossa 3. Liikenteen jakautuminen eri ajoneuvotyyppien välille on yhteneväistä jokaisen tietyyppin välillä: KVL-luvusta 84 % on henkilöautoliikennettä, 7,3 % pakettiautoliikennettä, 1,2 % linja-autoliikennettä ja 7,4 % kuorma-autoliikennettä (Prokkola 2004). Kuorma-autoliikenteen jako kevyen kuorma-auton ja perävaunuyhdistelmien kesken vaihtelee tietyyppin mukaan. Esimerkiksi yhdystiellä täysperävaunurekkoja kulkee tuskin lainkaan.

Taulukko 3. Tutkimuksessa käytetyt teiden keskimääräiset vuorokausiliikenne (KVL) -luvut.

Tietyyppi	KVL	lähde:
yhdystie	329	Yleiset tiet 1.1.2004
seututie	1 283	Yleiset tiet 1.1.2004
valtatie	4 104	Prokkola 2004
moottoritie	20 621	Yleiset tiet 1.1.2004

Kun teiden ja ajoneuvojen elinkaarenaikainen materiaalien kulutus jaetaan ensin teiden osalta elinkaaren liikenteen määrällä tai ajoneuvojen osalta ajettujen kilometrien määrällä ja lopuksi kuljetettujen henkilöiden tai tavaratonniin määrällä, saadaan lopputulokseksi MI / S eli materiaalipanostus jaettuna palvelusuoritteella eli MIPS.

6.2.5 Allokointi

Ennen lopullisten ja kaikille käyttäjille julkisesti esitettävien MIPS-tulosten laskemista on ratkaistava kysymys siitä, miten tien infrastruktuurin luonnonvarojen kulutus jaetaan eri ajoneuvotyyppien kesken. Keskeinen kysymys on, kuinka suuri osa teiden elinkaaren materiaaleista osoitetaan kevyemmän liikenteen ”syyksi” tai kuinka suuri osuus vastaavasti raskaamman liikenteen ”syyksi”. Kevyempi liikennehän ei tarvitsisi niin raskasta tierakennetta

kuin mitä raskas liikenne vaatii. Toisaalta suurin osa tieliikenteestä on henkilöautoliikennettä, jonka vuoksi rakennetaan nopeita moottoriteitä.

Tutkimuksessa ongelmaa lähestyttiin kolmen eri allokointitavan kautta: tien elinkaaren aikainen kulutus jaettiin 1) väyläkustannusten mukaan, 2) ajoneuvojen bruttopainon mukaan sekä 3) keskimääräisen vuorokausiliikenteen mukaan.

1) Allokointi väyläkustannusten mukaan: Tietojen pohjana oli Tielaitoksen sisäinen julkaisu teiden väyläkustannuksista (Tielaitos 2000c). Omaa arviota jouduttiin käyttämään erityisesti tavaraliikenteen osalta, koska lähde osoitti kustannukset kaikkien kuorma-autojen osalta yhteisesti. Samoin henkilöautojen ja pakettiautojen luvut ilmoitettiin yhdessä. Vaikka tutkimuksen esimerkkiet ovat tiettyjen tiepiirien alueilta, käytettiin allokoinnissa valtakunnallisia väyläkustannusten keskiarvoja. Tällöin henkilöliikenteen osuus kustannuksista on noin 60 % ja tavaraliikenteen osuus noin 40 %. Taulukossa 4 on esitetty jokaisen tien osalta teiden materiaalien jako eri ajoneuvoluokkien kesken.

Taulukko 4. Tutkimuksessa käytetty allokointitapa 1: tiemateriaalien allokointi ajoneuvoluokkien välille väyläkustannusten mukaan.

	YHDYSTIE	SEUTUTIE	VALTATIE	MOOTTORITIE
Ha	60,9 %	60,9 %	57,9 %	59,6 %
La	2,2 %	2,2 %	2,3 %	2,0 %
Pa	2,0 %	2,0 %	2,0 %	2,0 %
Kaip	14,9 %	11,9 %	10,8 %	8,4 %
Kapp	20,0 %	11 %	12,0 %	10 %
Katp	-	12 %	15,0 %	18 %

Ha = henkilöauto, La = linja-auto, Pa = pakettiauto, Kaip = kevyt kuorma-auto, Kapp = puoliperävaunun yhdistelmä, Katp = täysperävaunun yhdistelmä

2) Allokointi ajoneuvojen bruttopainojen mukaan: Bruttopainojen (ajoneuvon omapaino + kuljetettu paino) tietoja saatiin valmistajilta ja kuorma-autoliikenteen osalta Tilastokeskuksen tilastosta (Tieliikenteen tavarankuljetustilasto 2/2004). Henkilöliikenteessä henkilöauton bruttopaino olisi noin 1,5 t, linja-auton 15,5 t ja tavaraliikenteessä pakettiauton 3 t, kevyen kuorma-auton 17 t, puoliperävaunurekan 30 t ja täysperävaunurekan 43 tonnia. Nämä luvut kerrottuna teiden 60 vuoden aikaisella ajoneuvojen lukumäärällä (allokointitapa 3:n KVL-

luvut) tuottaa taulukon 5 esittämän allokointi-jaottelun. Bruttopainojen mukaan laskettuna henkilöliikenteen ”syy” teiden materiaalien kulutuksesta olisi noin 35 % (yhdysteillä korkeampi) ja tavaraliikenteen 65 %.

Taulukko 5. Tutkimuksessa käytetty allokointitapa 2: tiemateriaalien allokointi ajoneuvoluokkien välille bruttopainojen mukaan.

	YHDYSTIE	SEUTUTIE	VALTATIE	MOOTTORITIE
Ha	37,3 %	34,9 %	33,3 %	30,9 %
La	5,5 %	5,1 %	4,9 %	4,6 %
Pa	6,5 %	6,1 %	5,8 %	5,4 %
Kaip	18,3 %	16,9 %	13,5 %	9,2 %
Kapp	32,4 %	19,4 %	17,5 %	10,9 %
Katp	-	17,6 %	25,0 %	39,0 %

3) Allokointi keskimääräisen vuorokausiliikenteen (KVL) mukaan: Esimerkkiteiden todelliset KVL-luvut olivat usein valtakunnallisia keskiarvoja alhaisemmat, joten KVL-luvut laskettiin kyseisten tietyyppien valtakunnallisten keskimääräisten vuorokausiliikennemäärien mukaisesti. Tiedot KVL-luvuista saatiin Tiehallinnosta Reijo Prokkolalta ja lukujen jakautuminen ajoneuvojen kesken arvioitiin osittain itse. Kaikkien tietyyppien osalta vuorokausiliikenne jakautuu henkilöautoihin 84,1 %, pakettiautoihin 7,3 % linja-autoihin 1,2 % ja erilaisiin kuorma-autoihin 7,4 %. Lähteen tiedoissa ajoneuvojen prosenttiluku oli yhteensä 99,9 %, mutta muiden allokointitapojen mukaan prosentti muutettiin sadaksi ja 0,1 % lisäys sisältyy henkilöauton lukuun (taulukko 6).

Taulukko 6. Tutkimuksessa käytetty allokointitapa 3: tiemateriaalien allokointi ajoneuvoluokkien välille keskimääräisen vuorokausiliikenteen mukaan.

	YHDYSTIE	SEUTUTIE	VALTATIE	MOOTTORITIE
Ha	84,1 %	84,1 %	84,1 %	84,1 %
La	1,2 %	1,2 %	1,2 %	1,2 %
Pa	7,3 %	7,3 %	7,3 %	7,3 %
Kaip	3,7 %	3,6 %	3,0 %	2,2 %
Kapp	3,7 %	2,3 %	2,2 %	1,5 %
Katp	-	1,5 %	2,2 %	3,7 %

6.3 Käytetyt lähteet

6.3.1 Menetelmän lähdetiedot

MIPS on vielä suhteellisen nuori metodi ympäristötutkimuksen alalla. Kirjallisuus on pääasiassa menetelmän kehittäjän, Wuppertal-instituutin, julkaisemaa ja siten saksan- tai englanninkielistä. Instituutin kotisivuilta (www.mips-online.info) löytyy myös hyvin paljon tietoa menetelmästä ja käynnissä olevista hankkeista. Tässä tutkimuksessa menetelmän tietopohjana käytettiin pääasiassa kahta kirjallista lähdettä: MIPS-laskennan opasta (Ritthoff et al. 2002) sekä menetelmästä kertovaa yleistystä (Schmidt-Bleek 2000).

Tutkimuksessa käytettiin pääasiassa Wuppertal-instituutin julkaisemia MI-kertoimia (Wuppertal Institute 2003), jolloin eri raaka-aineiden ja materiaalien prosessiketjujen selvittäminen ja uusien MI-kertoimien laskeminen ei vienyt aikaa. FIN-MIPS Liikenne – tutkimusprojektin puitteissa laskettiin MI-kertoimet suomalaiselle raideseapelille, eri raekoon kalliomurskeelle, luonnonhiekkalle ja sähkölle (Helsingin Energian mukaan) (Vihermaa 2004). Kaikki tutkimuksessa käytetyt kertoimet ovat liitteessä 1. Kertoimien käyttämisessä joustettiin, jos aivan tarkkaa valmista kerrointa ei materiaalille ollut olemassa. Esimerkiksi muovien osalta käytettiin kertoimia joustavasti, koska lähdetiedosta ei välttämättä aina selvinnyt tarkkaa muovin laatua ja toisaalta eri muovilaatujen kertoimissa ei ole lopputulosten kannalta merkittäviä eroja.

6.3.2 Materiaalitietojen lähdetiedot

Tutkittava aineisto koottiin pääasiassa Tiehallinnon asiantuntijoilta, ajoneuvojen valmistajilta, erilaisista julkaisuista kuten tilastoista ja julkaisemattomista hankeasiakirjoista. Jotta laskut olisivat mahdollisimman uskottavia, tietojen tulisi perustua aitoihin tiesuunnitelmiin, toteutumaraportteihin ja muihin asiakirjoihin ja toisaalta ajoneuvojen valmistajien tietoihin. Todellisuus on kuitenkin ollut se, että osa laskuista on jäänyt arvioiden ja omien tutkimusten varaan. Tienpätkien viimeisimmät toimenpidetiedot olivat suhteellisen helposti saatavilla, mutta mitä kauemmaksi hankkeet historiaan menivät, sen hankalammaksi tietojen saaminen

kävi. Pääasia laskennassa lienee kuitenkin ollut se, että on osattu kokonaisuuden kannalta keskittyä olennaiseen ja jättää pienemmät yksityiskohdat huomiotta.

Ajoneuvojen materiaalitiedot saatiin henkilöauton, rekan veto-osan ja linja-auton osalta suoraan valmistajilta ja tietoja ei ole tämän tutkimuksen puitteissa muutettu kuin jäte-tietojen osalta. Volvon LCA-laskut (Volvo 2004a; Volvo 2004b) sisälsivät suuria lukuja elinkaarenaikaisista ajoneuvojen aiheuttamista jätemääristä, joita ei hyväksytty sellaisenaan tämän tutkimuksen laskuihin: loppusijoitettavat jätteet jätettiin laskuista pois. Henkilöauton materiaalitietoihin lisättiin 8 lisävuoden kulutus (valmistaja oli laskenut tiedot 10 vuodelle), koska Suomessa auton elinikä on noin 18 vuotta. Lisäksi henkilöauton tietoihin on lisätty katalysaattorin sisältämä platina, jota ei oltu lainkaan mainittu alkuperäislähteessä (Schweimer & Levin 2004). Henkilöauton varsinaisen valmistamisprosessin jätteet ja niiden takana oleva materiaalin kulutus arvioitiin itse lähteen pohjalta.

Rekan perävaunujen materiaalitiedot ovat osaksi valmistajilta, osaksi omaa arviota. Närkö Oy Ab:n edustajalta (Wilson 2004) saatiin tutkimuksen käyttöön keskimääräiset vaunun materiaalitiedot ja valmistuksenaikainen veden ja sähkön kulutus. Scaniaalta saatiin tiedot heidän vaunujensa keskimääräisistä painoista. Muiden tietojen osalta laskenta suoritettiin omien arvioiden pohjalta.

Pakettiauton korin tiedot ovat valmistajalta, mutta tuotannon, käytön ja poiston kulutukset on laskettu kertomalla henkilöauton tiedot 1,5-kertaisesti. Kerroin on suhteessa sama kuin henkilöauton ja pakettiauton korien painojen suhde. Kevyen kuorma-auton tiedot on arvioitu karkeasti itse rekan tietojen pohjalta. Koska materiaalitietoja ei ole ollut saatavilla, täytyi arvioita tehdä itse. Kokonaisuuden kannalta asialla ei ole kuitenkaan suurta merkitystä, koska ajoneuvojen materiaalien osuudet koko tieliikenteen MIPS-luvuista ovat hyvin pieniä.

Yhdystien 14349 eli Tammikosken paikallistien asiakirjat saatiin Hämeen tiepiirin arkistosta. Tien parantamisen materiaalimenekkitiedot vuosilta 1999-2001 saatiin hankeasiakirjoista. Sen sijaan aikaisemman vanhan soratien materiaaliarviot ennen tien perusparannusta arvioitiin itse asiakirjoissa osoitetun tierakenteen kaavion perusteella. Laskuissa käytettiin apuna Asfalttinormistoa 2000, Rakentajain kalentereita sekä Tiehallinnon ja Tiepiirin ohjeita. Muun muassa päällysteen osalta jako murskeeseen ja bitumiin on tehty Asfalttinormit 2000 –lähteen

(Päällystealan neuvottelukunta 1999) ohjeiden mukaan: käytetty PAB-B11 ja B16 arvoja, jolloin massamäärä $80 \text{ kg} / \text{m}^2$ ja bitumin osuus 4,3 massa-%. Päätierumpujen, liikennemerkkien ja suodatinkankaiden tiedot ilmoitettiin asiakirjoissa neliöinä, kappaleina tai metreinä, jolloin tiedot materiaalien tiheyksistä kerättiin Rakentajain kalentereista (Rakennustieto Oy 1998; 1999; 2003) ja tiedot esimerkiksi rumpujen halkaisijoista valmistajien kuten Uponor Oy:n ja Jita Oy:n kotisivuilta. Koska tutkimus oli tarkoitus tehdä mahdollisimman tarkasti, myös pienemmät tien rakenteet kuten liikennemerkkit laskettiin, vaikka alun perin voitiinkin olettaa, ettei niillä olisi juurikaan merkitystä lopputuloksen kannalta.

Seututien 582 tiedot saatiin Savo-Karjalan tiepiiristä. Yhteyshenkilönä toimi tiemestari Pertti Hirvi, joka toimitti tutkimuksen käyttöön 1980-luvun rakennussuunnitelmat ja arviot tierakenteen kerroksista. Nämä kahden toimenpiteen materiaalitiedot saatiin yhdistettynä, joten toimenpiteet ovat laskuissakin yhdistettynä kokonaisuutena. Toimenpiteitä on tehty linjaukselle myös 1960-70 -luvuilla, mutta näiden tietojen etsiminen arkistoista todettiin liian työlääksi. Viimeisin päällystystyö (LTA, laatta) tehtiin tienpätkälle vuonna 1993 ja nämä materiaalitiedot laskettiin Asfalttinormisto 2000:n pohjalta (Päällystealan neuvottelukunta 1999). Olemassa ollut vanha rakenne ennen vuoden 1986 rakenteen parantamista arvioitiin Savo-Karjalan tiepiiristä saadun tierakenne-arvion pohjalta (Hirvi 2004). Samoin tien vanha rakenne 5,5 kilometrin matkalta arvioitiin itse profiilin mukaisesti. Laskuissa käytettiin apuna Rakentajainkalenteria, Tiehallinnon ja Tiepiirin ohjeita ja Tiehallinnon Siltatekniikasta saatuja siltojen ominaistietokortteja. Vaikka laskenta on suoritettu mahdollisimman tarkkaan olemassa olevien tietojen pohjalta, on muistettava, että luvut ja tulokset ovat silti karkeita. Todennäköisesti tarkempia tietoja olisi ollut saatavilla Tiepiirin arkistosta, mutta tämän tutkimuksen puitteissa tietojen hakeminen olisi ollut liian suuritöistä.

Valtatie 25:n tiedot olivat kaikkein vaikeammin saatavissa, ja tiedot kerättiin usealta taholta (Tielaitos 2000a; Tielaitos 2001; Tikkamäki 2004). Tien elinkaarilaskuissa jouduttiin käyttämään paljon omaa arviota, mikä vaikuttaa laskujen luotettavuuteen. Arviointien apuna käytettiin moottoritien vastaavia tietoja ja laskuja. Koska tutkittu tielinjaus kulkee Salpausselän päällä, materiaalimenekki on todennäköisesti valtateiden keskiarvoa vähäisempää. Esimerkiksi kallioleikkausten määrä on laskuissa keskimääräistä valtatietä pienempää.

Laskuja laskettaessa oli muistettava, ettei samoja materiaaleja tullut laskettua useaan kertaan. Esimerkiksi kalliolouhinnassa syntyvä materiaali käytetään usein tiepenkereisiin, jolloin pengermateriaaleja laskettaessa oli huomioitava, että ulkopuolelta tuotujen materiaalien määrä oli tällöin pienempi. Tämän seikan huomioiminen oli erityisen vaikeaa valtatie 25 kohdalla, jonka asiakirjoissa ei oltu eritelty, mihin leikkausmassat menevät tai mistä täyttömateriaalit tulevat. Laskennat näiltä osin perustuvat omiin arvioihin.

Moottoritien eli VT 3 Jutikkala-Kulju välin toteutumaraportit ja asiakirjat haettiin Tampereelta Tielikelaitokselta. Moottoritien materiaalitietojen laskeminen oli tutkimuksessa kaikkein aikaa vievin osuus, mutta voidaan todeta, että moottoritien laskut ovat kaikista tielaskuista kaikkein luotettavimmat, koska juurikaan omaa arvioita ei ole laskennassa tarvinnut käyttää. Raporteissa esitetyt määrät jouduttiin usein itse muuttamaan tonneiksi, jolloin eri materiaalien tiheystiedot selvitettiin Rakentajain kalenterista (vuodet 1999, 2000, 2004). Osa työmääristä kuten putket ja rummut oli ilmoitettu raporteissa metreinä, jolloin materiaalit ja rakenteiden ominaisuudet selvitettiin eri valmistajien tuotelistoilta joko Rakentajain kalentereista tai valmistajien kotisivuilta. Metrit muutettiin kuutioiksi ja materiaalien painot edelleen tonneiksi. Vaikka laskukaavakkeesta (liite 11) voidaan nähdä rumpujen ja putkien materiaalien osuuksien olevan olemattomia, on niiden tarkka laskeminen ollut tärkeää kenties myöhemmin tehtävien MIPS-laskujen kannalta. Seuraavan tutkija voi keskittyä olennaiseen ja jättää pienempien yksityiskohtien laskemisen vähemmälle.

Jutikkala-Kulju –välin moottoritieosuudella on laaja pehmeikkö, johon on tehty mittavia pohjanvahvistustoimenpiteitä. Tämä jätettiin laskuista pois, koska sen ei todettu edustavan yleistä ominaisuutta moottoritien materiaalitarkastelussa. Sen sijaan pohjanvahvistustoimenpiteet huomioitiin muiden tielaskujen tavoin erillisinä tietyyppin keskiarvoina.

Moottoritien valaistuksen osalta laskettiin yhden esimerkkiliittymän valaistus, jonka tiedot yleistettiin koskevaksi myös kuutta muuta liittymää. Liikenteenohjauslaitteiden ja valaistuksen tiedot ilmoitettiin asiakirjoissa kappalemäärinä, jolloin tiedot laitteiden rakenteista ja materiaaleista haettiin muun muassa Tiehallinnon kirjallisista ohjeista (Tiehallinto 2002; Tiehallinto 2004a; Tielaitos 1991a; Tielaitos 1991b). Moottoritien siltatiedot arvioitiin karkeasti siten, että tiedettiin, kuinka paljon terästä ja betonia on kulunut koko moottoritien

siltoihin ja tämä luku suhteutettiin yhtä tiemetriä kohden. Elinkaaren ja kunnossapidon materiaalilaskut suoritettiin samalla tavoin kuin muidenkin teiden osalla.

6.4 Tietoihin liittyvät epävarmuudet

Tien elinkaari on käsitteenä hyvin ristiriitainen. Kuten aiemmin todettua, tien olemassaololle on harvoin loppua, koska Suomessa teitä ei joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta pureta. Jos tietä linjataan uudelleen tai uutta tietä rakennetaan viereen, vanha tienpätkä jää yleensä vaikuttamaan sellaisenaan esimerkiksi yksityistienä tai muuna alempiasteisena tienä. Vuorokausiliikenne todennäköisesti vähenee ratkaisevasti, mutta käyttöarvoa tielle jää edelleen. Siten tien elinkaari on laskuissa jouduttu rajaamaan asiantuntijoiden karkeisiin arvioihin perustuen ja elinkaari on pyritty valitsemaan mahdollisimman edustavaksi.

Toinen tien elinkaareen liittyvä epävarmuustekijä on toimenpiteiden välinen ajallinen sykli, joka on laskuihin arvioitu asiantuntijalausuntojen perusteella. Päällystämisvälit, kevyen ja raskaan rakenteenparantamisen välit eri tieluokilla ovat hyvin riippuvaisia mm. luonnonmaantieteellisistä olosuhteista (sijainti maastossa, routa, ilmasto jne.), vuorokausiliikenteen määrästä kuten myös tierakenteen ominaisuuksista. Näitä seikkoja ei voinut ottaa laskuissa huomioon, vaan tutkimuksessa elinkaaren toimenpiteet noudattavat teknisen elinkaaren ohjeistuksia.

Materiaalitiedot perustuvat hyvin pitkälle hankeasiakirjoista saataviin tietoihin tai kirjallisuuden avulla tehtyihin omiin laskelmiin. Kaikissa asiakirjoissa ei ollut mainintaa, liittyykö hankkeeseen myös yksityisteitä, siltoja, alikulkua tai esimerkiksi pyörätietä. Tarkoituksena olisi, että kaikki materiaalit, joita hankkeen aikana on jouduttu siirtämään pois alkuperäiseltä paikaltaan, olisivat laskuissa mukana. Esimerkiksi moottoritie Jutikkala-Kulju – tieosalla hankkeeseen liittyi moottoritietä 36 kilometriä, ramppeja 20 kilometriä, kevyen liikenteen väyliä 17,6 kilometriä ja yksityisiä teitä 35,2 kilometriä (Tielaitos 2000b). MIPS-metodologian mukaisesti nämä kaikki liikutetut materiaalmäärät tulee ottaa laskuihin mukaan, koska niitä on liikutettu moottoritien rakentamisen vuoksi.

Samoin ajoneuvojen osalta pohjatietoja on saatu toisinaan hyvin yksityiskohtaisesti ja toisinaan laskut on perustettu lähinnä omiin arvioihin. Pohjatiedot ovat siis tarkkuudeltaan eri luokkaa. Kokonaisuuden kannalta asialla ei ole suurta merkitystä, koska ajoneuvot muodostavat MIPS-luvuista vain kymmeneksen, mutta tietojen puutteellisuus on kuitenkin huomioitava tuloksia tarkasteltaessa.

Jotta teiden MI-luvut eli siirretyt luonnonvarat kohdistettaisiin oikein palvelusuoritetta kohden, on keskimääräiset vuorokautiset liikennemäärät (KVL) määriteltävä oikein. Kun tarkasteluajanjakso on 60 vuotta, ei liikennemäärien voida olettaa olevan samoja koko ajanjakson ajan. Tämä seikka täytyi jättää huomiotta, koska KVL-ennusteita 60 vuotta eteen tai taaksepäin tästä hetkestä on vaikea arvioida. Koska usean esimerkkien liikennemäärät ovat keskimääräistä alhaisemmat, päätettiin tutkimuksessa käyttää valtakunnallisia KVL-keskiarvoja.

Allokoinnissa käytetyt kolme eri tapaa sisältävät kukin todellisen tiedon lisäksi tutkijan omaa arviota, joten %-lukuja on syytä tarkastella kriittisesti. Erityisesti väyläkustannuksiin perustuvassa allokointitavassa kirjallisen lähteen tietoja tulisi tarkastella yksityiskohtaisemmin, sillä lähteen kustannuslaskelmiin ja siten %-lukujen jakaumiin sisältyy uusinvestointien ja korvaus- ja laajennusinvestointien lisäksi kustannuksia muun muassa hallinnollisista investoinneista, poliisien valvonnasta ja maa-alueiden hankinnoista. Kustannusten jakauma sisältää siten tämän tutkimuksen kannalta ylimääräistä tietoa, mikä saattaa heijastua allokointituloksiin. Aihetta olisi syytä tutkia tarkemmin, jos jatkossakin päädytään allokoimaan tien materiaaleja väyläkustannuksien mukaisesti.

Tutkimus pohjautuu hyvin pitkälle teiden asiakirjoihin, julkaisuihin ja ajoneuvojen valmistajien tietoihin. Nämäkin lähteet eivät ole virheettömiä ja siten on vaarana, että virheet kertautuvat tähänkin tutkimukseen vääristäen tuloksia. Lähdetietojen tarkkuudesta, millä mittakaavalla tiedot on kerätty, ei ole tietoa. Tähän asiaan ei voi juuri vaikuttaa, vaikkakin esimerkiksi autojen valmistajat muistuttavat julkaisuissaan virhemahdollisuuksista. Tässä tutkimuksessa lähdetietoihin on suhtauduttu suhteellisen luottavaisesti, koska alan tutkimusta on hyvin vähän ja tutkimusta on vain tehtävä niihin tietoihin pohjautuen, joita on saatavilla.

7 ELINKAARILASKUJEN TULOKSET

Elinkaarenaikaisten luonnonvarojen kulutuksen selvittäminen on perustava ja tärkeä osa MIPS-laskelmaa. MI-laskut osoittavat sen luonnonvarojen määrän, jonka ajoneuvo tai tie kuluttaa elinkaarensa aikana. Laskut ilmaisevat kulutuksen MIPS-metodin mukaisesti neljässä luokassa: abioottisen eli uusiutumattoman luonnonvaran kulutuksena, bioottisen eli uusiutuvan luonnonvaran kulutuksena sekä veden ja ilman kulutuksena. Peruslaskujen yksityiskohtaiset laskut ovat taulukkomuodossa liitteissä 2-10.

Seuraavassa esitetään eri ajoneuvojen ja teiden osalta kyseiset MI:t eli elinkaarenaikaiset kulutukset tiivistetysti. Ajoneuvojen osalta on huomioitava, ettei bioottista kulutusta ole lainkaan, joten bioottisen kulutuksen sarake on jätetty pois ajoneuvojen taulukoista ja diagrammeista. Jotta lopputuloksena saadaan MIPS-luku, on teiden ja sen päällä kulkevien ajoneuvojen MI-luvut laskettava yhteen ja jaettava palvelusuoritteella eli tien päällä kulkevien ajoneuvojen, henkilöiden ja tavaratonniin lukumäärällä. Nämä MIPS-lopputulokset esitetään kappaleessa 8.

7.1 Henkilöliikenteen ajoneuvojen MI-luvut

Henkilöauton käyttöikä on Suomessa keskimäärin 18 vuotta, jolloin autolla ajetaan noin 270 000 kilometriä. Henkilöauton elinkaarenaikainen luonnonvarojen kulutus on tiivistetysti taulukossa 7. Tarkemmat laskut muun muassa ajoneuvon yksittäisten osien vaatimasta kulutuksesta ovat liitteessä 2.

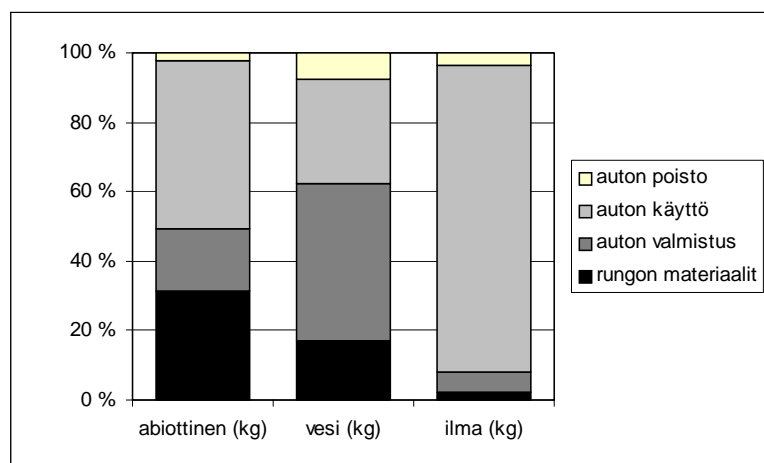
Henkilöauto painaa valmistuttuaan noin tonnin, mutta sen valmistamiseen on kaikkiaan kulunut lähes 20 tonnia uusiutumattomia luonnonvaroja (taulukko 7). Henkilöauton runko on pääasiassa terästä ja rautaa (60 %), joista rungon MI-luvut pääosin koostuvat (liite 2). Myös sähköosat ja kaapelit, jotka ovat pääasiassa kuparia, vaikuttavat merkittävästi abioottiseen ja veden MI-lukuihin. Neitseellisen alumiinin määrä rungossa vaikuttaa erityisesti veden MI-lukuun. Rungon raaka-aineista platina on kaikkein luontoa kuluttavin materiaali. Autossa sitä on katalysaattorissa vain 2 grammaa, mutta tämän muutaman gramman vuoksi uusiutumaton eli abioottista luontoa on jouduttu käyttämään 640 kiloa, vettä noin 390 kiloa ja ilmaa noin 30

kiloa. Kuitenkin itse auto runkoineen on vain kolmasosa kaikesta uusiutumattomasta materiaalmäärästä, joka kuluu vuosien aikana ajoneuvon valmistamisesta sen poistoon (kuva 18).

Taulukko 7. Henkilöauton elinkaarenaikainen luonnonvarojen kulutus.

HENKILÖAUTON ELINKAARI 18 VUOTTA (käyttöikä 270 000 km) esimerkkiautona VW Golf A4 petrol (ominaispaino n. 1 t)			
	MI		
	abiottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
rungon materiaalit	11 872	90 112	1 011
auton valmistus	6 838	242 018	2 700
auton käyttö	18 357	160 734	41 761
auton poisto	937	40 142	1 706
YHTEENSÄ:	38 004	533 006	47 178
per ajettu kilometri:	0,141	1,974	0,175

Merkittävä osa henkilöauton abioottisten luonnonvarojen kulutuksesta aiheutuu auton käyttövaiheen polttoaineen kulutuksesta. Valmistuksen abioottinen kulutus on pääasiassa materiaalihukkaa (teräs ja rauta) ja poiston aikainen kulutus sähköä. Energiamenekistä ruskohiilen käyttö lisää abioottista kulutusta ja ydinenergia veden kulutusta. Sekä sähkön että polttoaineen tuottaminen vaatii valtavia määriä vettä, mikä näkyy suurena veden kulutuksena auton valmistuksen ja käytön veden MI-luvuissa. Ilman MI-luku muodostuu lähinnä polttoaineen kulutuksesta (kuva 18).



Kuva 18. Henkilöauton elinkaarenaikaisten MI-lukujen jakautuminen eri osa-alueisiin.

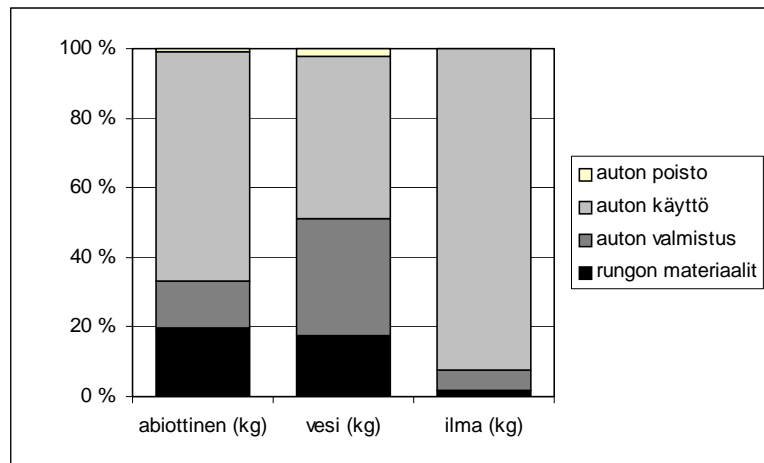
Henkilöliikennettä on henkilöautoliikenteen lisäksi myös linja-autoliikenne, joka voidaan luokitella myös raskaaseen liikenteeseen. Linja-auton elinkaarenaikainen materiaalien kulutus on henkilöautoon nähden noin 10-kertainen (taulukko 8). Linja-autolla ajetaan keskimäärin 1 000 000 km elinkaaren aikana (Volvo 2004b).

Taulukko 8. Linja-auton elinkaaren MI-luvut.

LINJA-AUTON ELINKAARI (käyttöikä 1 000 000 km) esimerkkinä Volvo 8500 Low Entry (ominaispaino n.11 t)			
	MI		
	abiottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
rungon materiaalit	87 962	952 066	11 493
auton valmistus	61 208	1 834 678	44 130
auton käyttö	294 944	2 519 674	666 735
auton poisto	3 160	127 600	850
YHTEENSÄ:	447 274	5 434 018	723 208
per ajettu kilometri:	0,447	5,434	0,723

Linja-auton tarkemmat elinkaarta koskevat laskut ovat liitteessä 3. Runko on pääasiassa terästä, rautaa ja alumiinia, joista suurin osa rungon abioottisesta materiaalimenekistä koostuu. Neitseellisen kuparin käyttö vaikuttaa merkittävästi abioottiseen kulutukseen, koska yhden kuparikilon työstämiseen vaaditaan noin 350 kg sekä abioottisia luonnonvaroja että vettä. Esimerkkilinja-autossa kierrätetyn materiaalin osuus on lähes kolmasosa rungon materiaaleista. Jos valmista kierrätetyn materiaalin kerrointa ei ole olemassa, kierrätysmateriaalit on jätetty huomiotta. Myös linja-auton kuten muidenkin ajoneuvojen osalta huomionarvoista on se, että ajoneuvon materiaalit itsessään ovat vain osa kaikista kulutetuista luonnonvaroista (kuva 19).

Linja-auton valmistuksen, käytön ja poiston aikainen materiaalien kulutus on pääasiassa erilaisesta energiasta, sähköstä ja polttoaineesta aiheutuvaa kulutusta. Linja-auton käyttämä elinkaarenaikainen polttoaineen määrä vaikuttaa hyvin suuresti koko linja-auton elinkaaren aikaisiin MI-lukuihin. Polttoaineen eli dieselin valmistaminen vaatii suuria määriä vettä, mikä on nähtävissä veden MI-luvussa auton käyttö –luvussa. Ilman MI-luvussa polttoaineen kulutus ilmenee poltettuna happena (kuva 19).



Kuva 19. Linja-auton elinkaarenaikaisten MI-lukujen jakautuminen eri osa-alueisiin.

7.2 Tavaraliikenteen ajoneuvojen MI-luvut

Pakettiauton käyttöikäksi arvioitiin 18 vuotta ja noin 400 000 kilometriä. Tarkkoja tietoa elinkaaresta ja sen aikaisista kulutuksista ei tähän tutkimukseen saatu, mutta arvioitu materiaalien kulutus lieenee kuitenkin oikeansuuntainen (taulukko 9). Tarkemmat laskut elinkaaren kulutuksista ovat liitteessä 4. Mercedes Benz Sprinterin rungon materiaalien menekki on pääasiassa terästä ja rautaa (yhteensä 77 %). Valmistuksen ja poiston tiedot on arvioitu 1,5 – kertaisina henkilöauton tiedoista.

Taulukko 9. Pakettiauton elinkaari kulutuksineen.

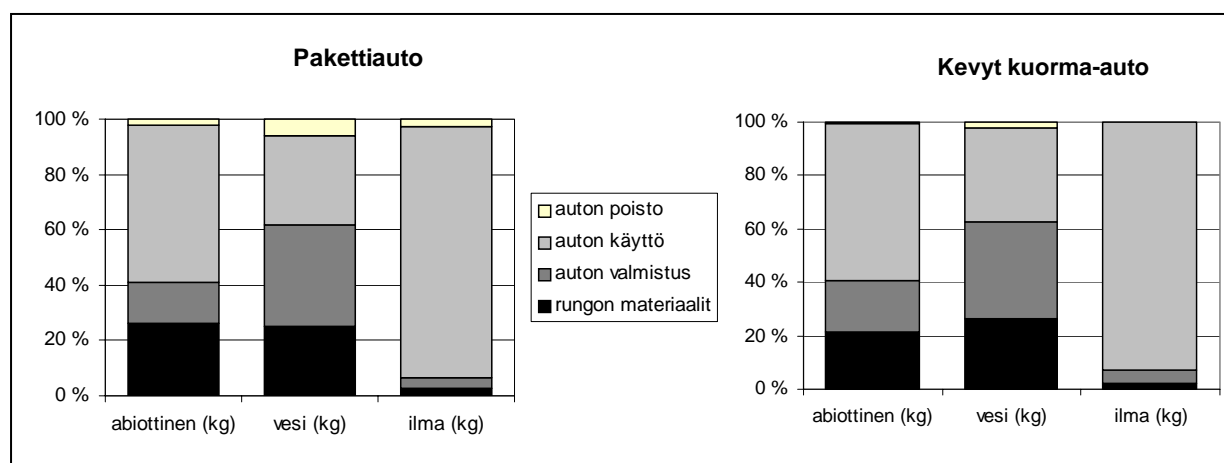
PAKETTIAUTON ELINKAARI 18 VUOTTA (käyttöikä 400 000 km) esimerkkiautona Mercedes Benz Sprinter (ominaispaino n. 2 t)			
	MI		
	abiottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
runгон materiaalit	18 461	249 582	2 817
auton valmistus	10 257	363 027	4 050
auton käyttö	40 104	315 840	93 233
auton poisto	1 406	60 213	2 559
YHTEENSÄ:	70 228	988 662	102 659
per ajettu kilometri:	0,176	2,472	0,257

Kevyt kuorma-auto on myös materiaalitiedoiltaan pääasiassa arviota muiden ajoneuvojen tietojen pohjalta (liite 5). Luvut on arvioitu rekan veto-osan ja pienen perävaunun tiedoista. Taulukko 10 osoittaa, että materiaalien kulutus painottuu käyttövaiheeseen eli polttoaineen kulutukseen. Kuva 20 esittää pakettiauton ja kevyen kuorma-auton abioottisen kulutuksen

vierekkäisinä diagrammeina. Vaikka pakettiauton tiedot on arvioitu henkilöauton tiedoista ja kevyen kuorma-auton tiedot rekan tiedoista, huomataan, että kulutus on samansuuntaista eri elinkaaren osa-alueiden kesken.

Taulukko 10. Kevyen kuorma-auton elinkaarenaikainen kulutus.

KEVYEN KUORMA-AUTON ELINKAARI (käyttöikä 1 000 000 km)			
laskut perustuvat muihin ajoneuvojen tietoihin (ominaispaino n. 10 t)			
	MI		
	abiottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
rungon materiaalit	66 754	1 020 934	10 343
auton valmistus	60 738	1 400 440	23 857
auton käyttö	182 518	1 357 960	427 998
auton poisto	1 832	94 220	630
YHTEENSÄ:	311 842	3 873 554	462 828
per ajettu kilometri:	0,312	3,874	0,463



Kuva 20. Pakettiauton ja kevyen kuorma-auton luonnonvarojen kulutus jakautuu eri osa-alueiden kesken samansuuntaisesti.

Rekkojen elinkaarenaikaiset materiaalien kulutukset ovat taulukoissa 11 ja 12. Veto-osan materiaalitiedot ovat samat kummassakin ajoneuvotyyppissä, koska Volvo FH12 –veto-osaa voidaan käyttää sekä puoliperävaunu- että täysperävaunuyhdistelmissä. Puoliperävaunurekka koostuu veto-osasta sekä suuremmasta perävaunusta ja täysperävaunurekka edellisten lisäksi pienemmästä perävaunusta.

Veto-osassa on käytetty linja-auton korin tavoin kierrätysmateriaaleja noin 33 % kaikista materiaaleista (liite 6). Suurin osa materiaaleista on terästä ja rautaa, joista abiottinen menekki pääasiassa koostuu. Neitseellisen kuparin käyttö (8,4 kg) lisää kuitenkin merkittävästi sekä abiottisen että veden lukuja. Muovia ja kumia veto-osassa on noin seitsemäsosa, mutta ne aiheuttavat noin kolmasosan veto-osan veden MI-arvosta. Valmistuksen jätemateriaali on arvioitu olevan pääasiassa terästä. Valmistuksen ja poiston materiaalimenekki on pääasiassa energiankulutuksesta.

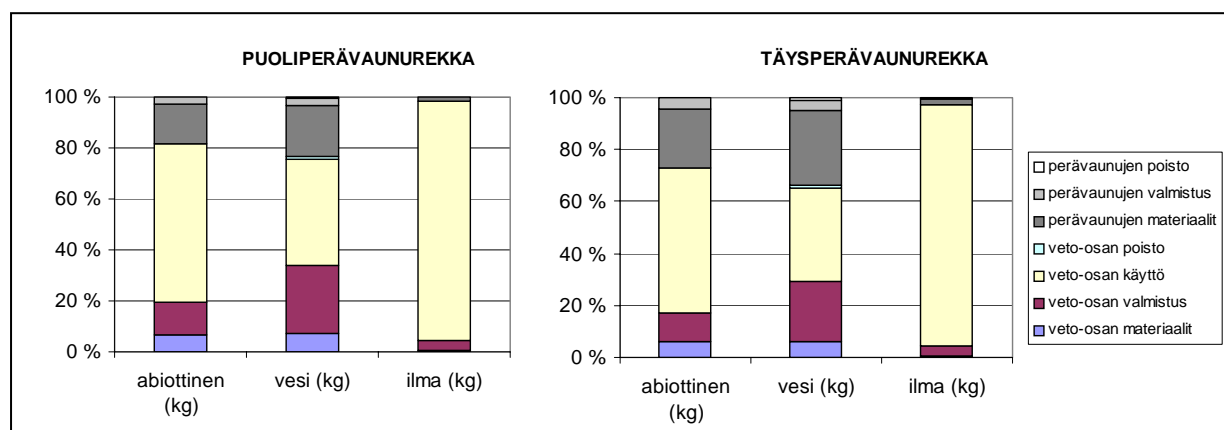
Taulukko 11. Puoliperävaunurekan elinkaarenaikainen materiaalien kulutus.

PUOLIPERÄVAUNUREKAN ELINKAARI (käyttöikä 1 000 000 km) esimerkkinä Volvo FH 12 -veto-osa ja arvioitu isompi perävaunu (veto-osan paino 7 t, vaunun 9 t)			
	MI		
	abiottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
veto-osan materiaalit	38 865	488 671	5 239
veto-osan valmistus	72 862	1 808 402	31 954
veto-osan käyttö	361 174	2 806 755	834 135
veto-osan poisto	1 820	95 000	449
perävaunun materiaalit	89 008	1 331 288	12 948
perävaunun valmistus	15 650	195 705	1 858
perävaunun poisto	958	47 453	556
YHTEENSÄ:	580 337	6 773 274	887 139
per ajettu kilometri:	0,580	6,773	0,887

Taulukko 12. Täysperävaunurekan elinkaarenaikainen materiaalien kulutus.

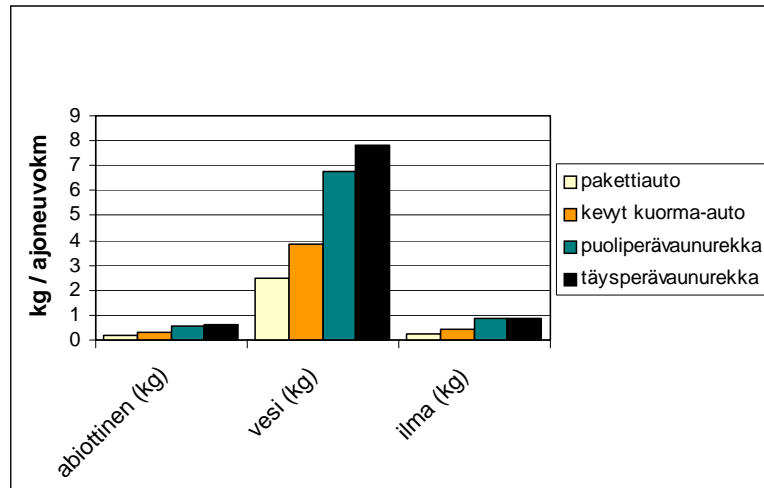
TÄYSPERÄVAUNUREKAN ELINKAARI (käyttöikä 1 000 000 km) esimerkkinä Volvo FH 12 -veto-osa, Närko Oy:n pienempi perävaunu ja arvioitu isompi vaunu (veto-osan ominaispaino 7 t, pienen vaunun 6 t, ison vaunun 9 t)			
	MI		
	abiottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
veto-osan materiaalit	38 865	488 671	5 239
veto-osan valmistus	72 862	1 808 402	31 954
veto-osan käyttö	361 174	2 806 755	834 135
veto-osan poisto	1 820	95 000	449
pienemmän perävaunun materiaalit	59 338	887 525	8 632
perävaunun valmistus	10 433	130 470	1 239
perävaunun poisto	639	31 635	371
isomman perävaunun materiaalit	89 008	1 331 288	12 948
perävaunun valmistus	15 650	195 705	1 858
perävaunun poisto	958	47 453	556
YHTEENSÄ:	650 747	7 822 904	897 381
per ajettu kilometri:	0,651	7,823	0,897

Perävaunujen rungon materiaalien kulutus koostuu suurelta osin teräksen ja alumiinin materiaaleista. Metallien louhinta ja jalostus kuluttaa paitsi abioottisia luonnonvaroja myös merkittäviä määriä vettä ja ilmaa. Yhden alumiinikilon työstäminen vaatii 1000 kiloa vettä, mikä näkyy myös perävaunujen rungon vedenkulutuksessa. Vaunujen laskuja tarkasteltaessa on huomioitava, että tiedot pohjautuvat hyvin paljon arvioihin ja yleistyksiin. Kuvasta 21 nähdään, että rekkojen elinkaarenaikainen kulutus jakautuu eri osa-alueiden kesken samansuuntaisesti. Täysperävaunurekan materiaalien kulutuksessa kahdella perävaunulla on luonnollisesti hieman suurempi osuus kokonaiskulutuksesta kuin puoliperävaunurekan laskuissa yhdellä perävaunulla.



Kuva 21. Veto-osan eli rekan käyttö, sisältäen polttoaineen kulutuksen, muodostaa suurimman osan rekkojen elinkaaren aikaisesta luonnonvarojen kulutuksesta.

Kuvassa 22 on tiivistetysti esitetty tavaraliikenteen ajoneuvojen elinkaarenaikainen luonnonvarojen kulutus ajettua kilometriä kohden. Veden kulutus on moninkertaista muihin luonnonvara-luokkiin verrattuna. Veden suuri kulutus koostuu metallien ja muovien valmistuksesta, polttoaineen valmistuksesta sekä tuotannon ja poiston aikaisesta sähkönkulutuksesta. Kuten ajoneuvojen taulukoista ja kuvasta 22 voidaan lukea, tavaraliikenteessä vettä kuluu ajoneuvojen osalta 2,5 kilosta lähes 8 kiloon jokaista ajettua kilometriä kohden. Vastaavasti abioottista luonnonvaraa kuluu noin 0,2 kg – 0,7 kg / ajettu kilometri ja ilmaa 0,3 kg – 0,9 kg / ajettu kilometri.



Kuva 22. Tavaraliikenteen kulutuksen vertailua: eri tavaraliikenteen ajoneuvojen materiaalien kulutus on sitä suurempaa, mitä raskaampi ajoneuvo on kyseessä.

7.3 Yhdystien MI-luvut

Yhdystien elinkaarenaikainen kulutus on esitetty tiivistetysti taulukossa 13 ja yksityiskohtaisemmat laskut ovat liitteessä 7. Teiden osalta on huomioitava, että liitteinä olevat laskut on laskettu yksikössä t / tiometri ja taulukoissa luvut on esitetty kg / tiometri. Elinkaarenaikainen kulutus voidaan eritellä tien infrastruktuurin ja toisaalta liikenteen aiheuttamaksi kulutukseksi. Nämä luvut on taulukoissa esitetty selkeästi erikseen.

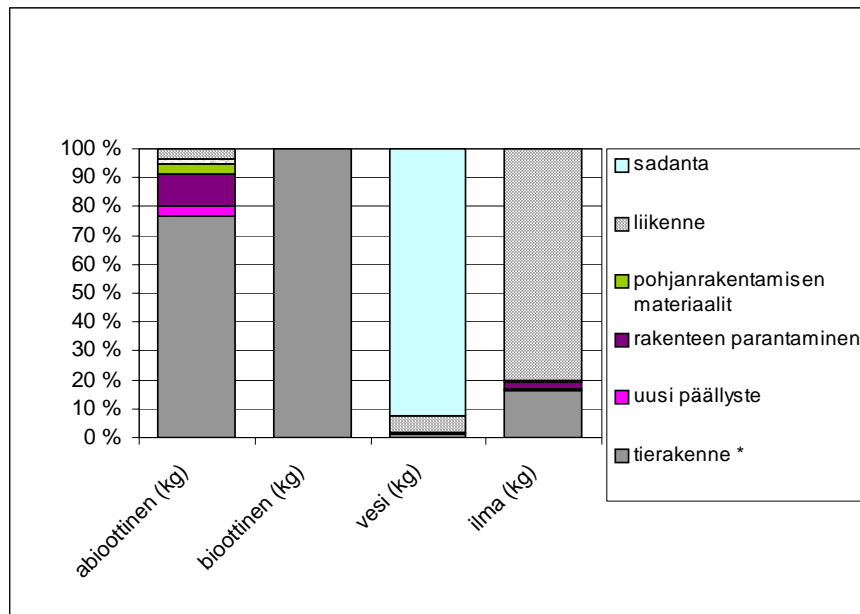
Yhdystien infrastruktuurin elinkaarenaikainen luonnonvarojen kulutus kohdistuu pääosin tien rakentamisvaiheeseen, joka ilmenee taulukosta 13 ja kuvasta 23. Diagrammeissa esitetty termi ”tierakenne” sisältää jokaisen tien osalta erilaisia toimenpiteitä, mikä tulee huomioida eri teiden tietoja vertailtaessa. Tarkoituksena on ollut esittää se tierakenne, joka tiessä on konkreettisesti tällä hetkellä. Yhdystien laskun osalta ”tierakenne” sisältää vanhan soratien materiaalit, jotka ovat edelleen olemassa päällysteen alla sekä tien parannuksen (v. 2001) kautta lisätyt materiaalit.

Tien rakenteen parantaminen lisää materiaalien kulutusta neljäkymmenen vuoden välein. Rakenteen parantamisella tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla parannetaan asfaltin alapuolisia rakennekerroksia. Rakenteen parantamisen abiottiset materiaalit ovat noin 10 % tierakenteen elinkaarenaikaisesta kulutuksesta (kuva 23). Kunnossapidon materiaalien kulutus jää vähäiseksi.

Taulukko 13. Yhdystien elinkaarenaikainen luonnonvarojen kulutus. Huomioi, että taulukon MI-luvut ovat yksikköä kg / tiemetri, kun peruslaskelmat liitteessä 8 on laskettu yksikössä t / tiemetri.

YHDYSTIE 14349				
	MI/tiemetri			
elinkaari 60 vuotta:	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
tien parantaminen 2001				
ja vanha parantamaton rakenne	24 939	4 681	3 000	325
oletus: 20 v. välein uusi päällyste				
v. 2021	601	0	279	6
v. 2061	601	0	279	6
oletus: 40 v. rakenteen parantaminen				
v. 2041	3 583	0	915	37
pohjanrakentamisen materiaalit	1 150	0	159	5
tiemaalausten energiankulutus	5	0	244	3
hiekoitus	481	0	6	1
kunnossapidon polttoaineen kulutus	1	0	5	2
vuosisadanta n. 625 mm	0	0	262 500	0
YHTEENSÄ	31 361	4 681	267 387	385
yhdystien liikenne 60 v. aikana:				
henkilöautot (6 052 284 autoa/ 60v.)	847	0	11 923	1 029
linja-autot (86 461 ajoneuvoa/ 60 v.)	39	0	469	62
pakettiautot (525 972 ajoneuvoa/ 60 v.)	95	0	1299	137
kevyet kuorma-autot (262 800 ajoneuvoa/ 60 v.)	81	0	1017	121
puoliperävaunurekat (262 800 ajoneuvoa/ 60 v.)	152	0	1779	234
YHTEENSÄ	1 215	0	16 488	1 583

Veden kulutus on pääasiassa vuosisadantaa (n. 625 mm / v.) asfaltoidulle pinnalle. MIPS-metodin mukaan sade lasketaan silloin mukaan, kun vesi ei pääse esteen kuten asfalttipinnan vuoksi imeytymään sen luonnolliselle alueelle. Infrastruktuurin ilman kulutus aiheutuu energian ja polttoaineen käytöstä muun muassa kalliolouhetta murskattaessa, mursketta kuljetettaessa tielinjalle ja betonia valmistettaessa. Liitteenä olevasta MI-kertoimien listasta selviää, kuinka paljon ilmaa kuluu kutakin materiaalia valmistettaessa (liite 1).



* vanha soratie + tien parannus v. 2001

Kuva 23. Yhdystien elinkaarenaikaisten (60 v.) MI-lukujen jakautuminen eri osa-alueisiin.

Yhdystien liikenteestä suurin osa (n. 80 %) on henkilöautoliikennettä. Raskas liikenne on pääasiassa kevyempää kalustoa ja raskainta liikennettä (täysperävaunullista liikennettä) ei ole arvioitu olevan tällä vähäliikenteisimmällä tieluokalla lainkaan. Mahdolliset metsätaloudessa käytettävät ajoneuvot on rinnastettu puoliperävaunulliseen rekkaliikenteeseen. Liikenteen osuus yhdystien elinkaarenaikaisesta kulutuksesta on erittäin merkittävä ilman kulutuksen osalta (kuva 23). Liikenteen veden kulutus on peräisin pääasiassa ajoneuvojen valmistuksen vaatimasta veden kulutuksesta ja ilman kulutus tarkoittaa pääasiassa kulutetun hapen osuutta polttoaineiden polttamisen yhteydessä.

7.4 Seututien MI-luvut

Seututien elinkaarenaikainen kulutus on esitetty tiivistetysti taulukossa 14 ja yksityiskohtaisemmat laskut ovat liitteessä 8. Yhdystien luonnonvarojen kulutukseen verrattuna seututien tierakenne vaatii 60 vuodessa noin 20 tonnia enemmän uusiutumattomia luonnonvaroja (taulukko 14). Seututien liikennemäärä on yhdystietä suurempi, joten päällysteen ja rakenteen parantamisia tehdään hieman useammin kuin yhdystiellä. Myös pohjanrakennusmenetelmiä käytetään seututiellä enemmän kuin yhdystiellä. Vaikka seututie

sisältää kevyen liikenteen väyliä valaistuksineen ja muutaman sillan, eivät ne juurikaan näy materiaalimenekissä (liite 8).

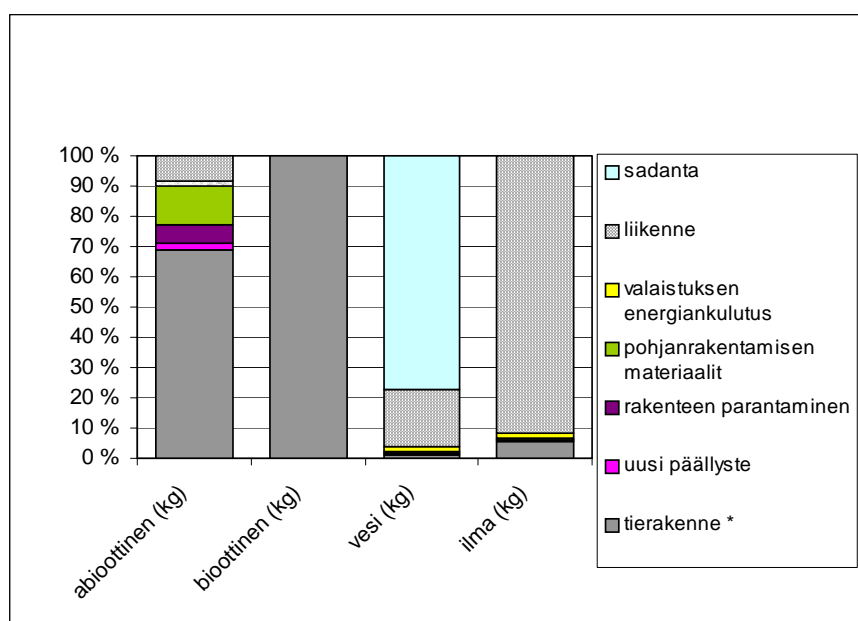
Bioottisten, veden ja ilman kulutuksessa ei ole suuria eroja yhdys- ja seututeiden välillä. Esimerkiksi bioottisten luonnonvarojen kulutus on lähes samansuuruista, sillä tiet ovat yhtä leveitä ja tien rakentamisen alta on poistettu suhteellisen sama määrä biomassaa. Valtateihin verrattuna materiaalien kulutus jää vähäiseksi, sillä teiden rakenteet ovat yksinkertaisia tieprofiilit seurailevat maastonmuotoja.

Taulukko 14. Seututien elinkaarenaikainen luonnonvarojen kulutus.

SEUTUTIE 582				
	MI/tiemetri			
elinkaari 60 vuotta:	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
v. 1980-1993 pohjarakenne, uusi				
päällyste ('93) ja vanha rakenne	39 775	4 467	3 886	373
oletus: 15 v. välein uusi päällyste				
v. 2008	610	0	283	6
v. 2031	610	0	283	6
oletus: n. 30 v. rakenteen parantaminen				
v. 2016	3 635	0	928	40
pohjanrakentamisen materiaalit	7 232	0	1 407	38
tiemaalausten energiankulutus	5	0	244	3
valaistuksen energiankulutus	137	0	6 656	81
hiekoitus	963	0	13	3
kunnossapidon polttoaineen kulutus	2	0	11	4
vuosisadanta n. 625 mm	0	0	271 197	0
YHTEENSÄ	52 969	4 467	284 908	554
seututien liikenne 60 v. aikana:				
henkilöautot (23 630 166 autoa/ 60v.)	3 308	0	46 551	4 017
linja-autot (337 172 ajoneuvoa/ 60 v.)	152	0	1 831	243
pakettiautot (2 051 132 ajoneuvoa/ 60 v.)	369	0	5 066	533
keyet kuorma-autot (1 007 400 ajoneuvoa/ 60 v.)	312	0	3 899	463
puoliperävaunurekat (657 000 ajoneuvoa/ 60 v.)	381	0	4 448	585
täysperävaunurekat (416 000 ajoneuvoa/ 60 v.)	270	0	3 253	374
YHTEENSÄ	4 793	0	65 048	6 216

Tierakenteen lukuihin on laskettu vanha pohjarakenne, jonka on oletettu olevan tiessä ennen 1980-luvun toimenpiteitä. Lisäksi rakenteeseen on laskettu 1980-luvun suuntauksen ja rakenteen parantamiset sekä vuoden 1993 päällystys. Tie saa uuden päällysteen noin 15 vuoden välein, mutta materiaalimenekki on päällystys-toimenpiteissä vähäistä (kuva 24). Sen sijaan rakenteen parantaminen, joka pitää sisällään uuden murskekerroksen ja päällysteen, lisää abioottisten luonnonvarojen materiaalimenekkiä 30 vuoden välein noin neljällä tonnilla (taulukko 14). Vettä kuluu paitsi tietä rakennettaessa myös kevyen liikenteen väylien

valaistukseen, vaikka sadevesi muodostaakin suurimman osan veden kulutuksen MI-luvusta (kuva 24).



* vanha pohjarakenne + 1980-luvun suuntauksen ja rakenteen parantaminen ja v. 1993 uusi päällyste

Kuva 24. Seututien elinkaarenaikaisten (60 v.) MI-lukujen jakautuminen eri osa-alueisiin.

7.5 Valtatien MI-luvut

Valtatien tarkat elinkaarilaskut ovat liitteessä 9 ja laskujen yhteenvedot ovat taulukossa 15. Tarkasteltu tielinjaus, valtatie 25, edustaa rakenteensa puolesta varsin yksinkertaista tietä, koska Hanko-Skogby väli on rakennettu Salpausselälle ja sen päällysteisiin on paikoin käytetty kierrätettyä materiaalia. Elinkaarensa aikana tie kuluttaa sekä tielinjauksen että liikenteen kautta lähes 150 tonnia abioottisia luonnonvaroja, mikä on 2,5-kertainen seututien kulutukseen verrattuna (taulukko 15). Liikenteen osuus abioottisen kulutuksen luvusta on noin 10 %, veden kulutuksesta yli 20 % ja ilman kulutuksesta yli 90 % (kuva 25). Bioottinen kulutus on valtatiellä suhteellisen samaa suuruusluokkaa muiden 2-ajorataisten teiden kanssa.

Valtatien tierakenne käsittää tässä ennen vuotta 2000 olevan rakenteen sekä vuoden 2001 perusparannuksen ja uudelleenlinjauksen. Tierakenteen abioottisten luonnonvarojen kulutus painottuu lähes kokonaan tien rakentamisvaiheeseen. Päällystyksistä osa suoritetaan vilkasliikenteisillä teillä remix (REM) –uusiomenetelmällä, jolloin vanha rouhittu asfaltti

sekoitetaan uuteen massaan. Tällöin säästyy materiaalia. Raskaan rakenteen parantamisia ei vilkasliikenteisillä teillä pääsääntöisesti suoriteta 60 vuoden sisällä. Tiet rakennetaan valmiiksi jo raskaammin ja mitoitetaan kestävämpään suurempaan kuormitukseen kuin vähäliikenteiset tiet. Kunnossapidon materiaalmäärät ovat niin vähäisiä, ettei niillä ole suurta merkitystä kokonaisuuden kannalta.

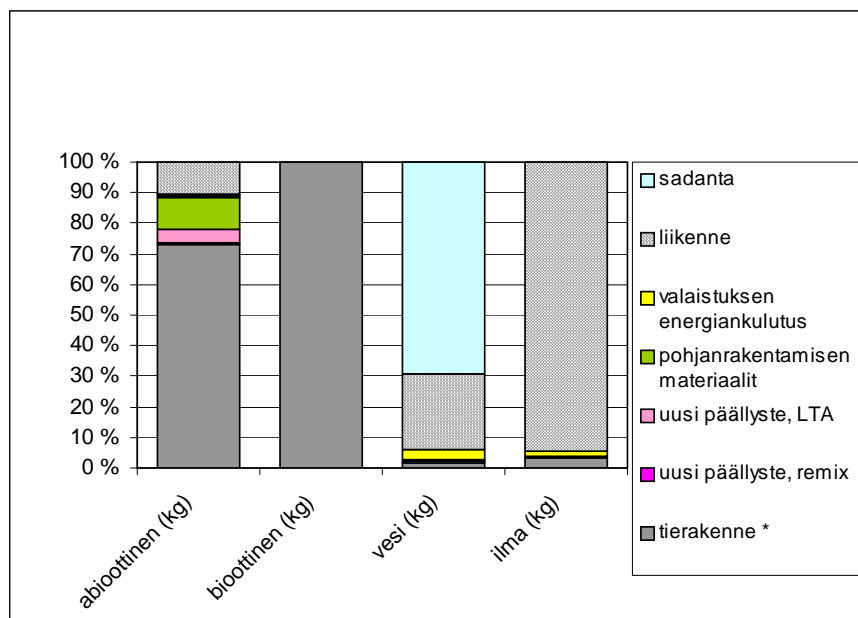
Taulukko 15. Valtatie kuluttaa elinkaarensa aikana lähes 150 tonnia abioottista luontoa tiemetriä kohden.

VALTATIE 25				
	M/tiemetri			
elinkaari 60 vuotta:	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
tien parantaminen v. 2001 ja vanha rakenne	107 476	4 070	15 496	674
oletus: valtatie päällysteen korjauksia				
v. 2011, pinta- / remixer	322	0	155	3
v. 2031, pinta- / remixer	322	0	155	3
v. 2051, pinta- / remixer	322	0	155	3
oletus: ohut uudelleen päällystys, LTA				
v. 2021	2 017	0	1 054	22
v. 2041	2 017	0	1 054	22
v. 2061	2 017	0	1 054	22
pohjanrakentamisen materiaalit	15 230	0	5 423	112
tiemaalausten energiankulutus	8	0	397	5
valaistuksen energiankulutus	549	0	26 592	322
hiekoitus	372	0	3	0
suolaus	744	0	1 380	12
kunnossapidon polttoaineen kulutus	2	0	11	4
vuosisadanta n. 625 mm	0	0	596 196	0
YHTEENSÄ	131 398	4 070	649 125	1 204
valtatie liikenne 60 v. aikana:				
henkilöautot (75 587 062 autoa/ 60v.)	10 582	0	148 907	12 850
linja-autot (1 078 531 ajoneuvoa/ 60 v.)	485	0	5 856	777
pakettiautot (6 561 065 ajoneuvoa/ 60 v.)	1 181	0	16 206	1 706
kävyet kuorma-autot (2 696 328 ajoneuvoa/ 60 v.)	836	0	10 435	1 240
puoliperävaunurekat (1 977 307 ajoneuvoa/ 60 v.)	1 147	0	13 386	1 760
täysperävaunurekat (1 977 307 ajoneuvoa/ 60 v.)	1 285	0	15 463	1 780
YHTEENSÄ	15 516	0	210 252	20 112

Veden kulutus muodostuu tielinjan osalta tien rakennusvaiheen kulutuksesta, valaistuksesta ja vuosisadannasta. Tieliikenteen osalta henkilöautoliikenteen polttoaineen tuotanto ja käyttö muodostavat suurimman osan liikenteen veden kulutuksesta. Ilman kulutus on peräisin muiden esimerkkiteiden tavoin liikenteen polttoaineen kulutuksesta (kuva 25). Pieni määrä ilmaa kuluu sähkön tuotannossa ja siten tievalaistuksessa.

Valtatien lukuja verrattaessa yhdystien lukuihin voidaan todeta materiaalimenekkien suurenevan tien rakenteen tullessa raskaammaksi ja liikennemäärien kohotessa. Toisaalta myös

liikenteen prosentuaalinen osuus kaikesta tien kulutuksesta kasvaa liikennemäärien kasvaessa. Erityisesti liikenteen abioottisten luonnonvarojen ja veden kulutuksen osuudet kohoavat liikennemäärien lisääntyessä.



* vanha rakenne + vuoden 2001 perusparannus ja uudelleenlinjaus

Kuva 25. Valtatien elinkaarenaikaisten (60 v.) MI-lukujen jakautuminen eri osa-alueisiin.

7.6 Moottoritien MI-luvut

Moottoritien elinkaarenaikaisten materiaalien menekkien tarkat laskut ovat liitteessä 10 ja tiivistetyt laskut taulukossa 16. Moottoritien tielinjauksen abioottisten luonnonvarojen kulutus on viisinkertainen valtatiehen verrattuna johtuu tieleveyydestä, ramppien ja siltojen suuresta määrästä ja raskaasta tierakenteesta. Moottoritiellä on kaksi kaistaa kummallakin ajoväylällä ja ajoväylienkin välissä on 6,50-15,00 metrin levyinen suoja-alue. Moottoritien tiealueen leveys vaihtelee 60 – 100 metrin välillä sisältäen itse tien lisäksi meluvalleja, riista-aitoja, valaistusta ja liikenteenohjauslaitteita.

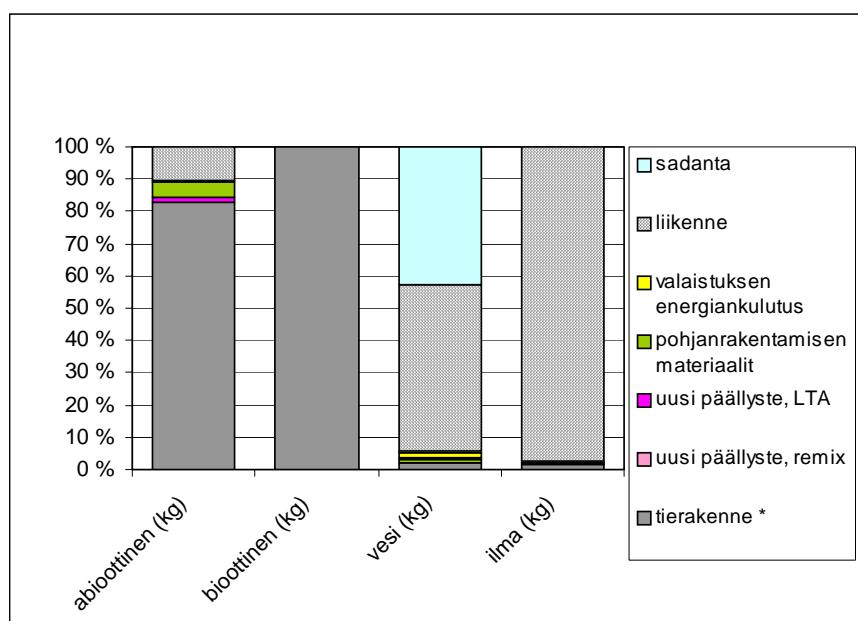
Moottoritien rakentamisen aikaisista abioottisista materiaaleista (noin 600 t / tiemetri) 90 % ovat maaleikkausten ja kalliroleikkausten massoista (liite 10). Siten kaikki muu tierakenteeseen liittyvä materiaali on vain 10 % koko tierakenteen materiaaleista. Erityisesti moottoritien laskut

osoittavat, että tuloksiin vaikuttaa merkittävästi, ovatko täyttömassat, meluvallien ja tien rakennekerrosten massat tielinjalta vai ulkoapäin tuotuja. Esimerkkihankkeessa suurin osa maa- ja kalliroleikkauksista on käytetty tien eri rakenneosiin. Kaikki bioottinen kulutus on pintamaan poistoa tielinjauksen alta. Tien veden ja ilman kulutus ovat pääasiassa erilaisten muovien, betonin ja murskeen valmistuksesta.

Taulukko 16. Moottoritien materiaalien kulutus 60 vuoden aikana.

MOOTTORITIE				
	MI/tiometri			
elinkaari 60 vuotta:	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
tien rakentaminen v. 2000	634 134	18 580	38 868	1 442
oletus: moottoritien päällysteen korjauksia				
v. 2006, pintausta/ remixer	507	0	306	5
v. 2012, pintausta/ remixer	507	0	306	5
v. 2026, pintausta/ remixer	507	0	306	5
v. 2032, pintausta/ remixer	507	0	306	5
v. 2046, pintausta/ remixer	507	0	306	5
v. 2052, pintausta/ remixer	507	0	306	5
oletus: ohut uudelleen päällystys, LTA				
v. 2020	3 032	0	1 529	33
v. 2040	3 032	0	1 529	33
v. 2060	3 032	0	1 529	33
pohjanrakentamisen materiaalit	38 107	0	24 575	423
tiemaalausten energiankulutus	21	0	1 007	12
valaistuksen energiankulutus	836	0	40 513	491
hiekoitus	1 204	0	16	4
suolaus	1 488	0	2 760	24
kunnossapidon polttoaineen kulutus	10	0	71	23
vuosisadanta n. 625 mm	0	0	881 250	0
YHTEENSÄ:	687 938	18 580	995 483	2 548
moottoritien liikenne 60 v. aikana:				
henkilöautot (379 795 516 autoa/ 60v.)	53 171	0	748 197	64 565
linja-autot (5 419 199 ajoneuvoa/ 60 v.)	2 439	0	29 426	3 902
pakettiautot (32 966 793 ajoneuvoa/ 60 v.)	5 934	0	81 428	8 571
keyet kuorma-autot (10 030 200 ajoneuvoa/ 60 v.)	3 109	0	38 817	4 614
puoliperävaunurekat (6 679 500 ajoneuvoa/ 60 v.)	3 874	0	45 220	5 945
täysperävaunurekat (16 709 700 ajoneuvoa/ 60 v.)	10 861	0	130 670	15 039
YHTEENSÄ	79 389	0	1 073 758	102 636

Valtatien tavoin myös moottoritien päällystämässä käytetään uusiomenetelmiä noin kuuden vuoden välein, mutta kuitenkin vain kaksi kertaa peräkkäin. Noin parinkymmenen vuoden välein tie saa kokonaan uuden LTA-päällysteen uudesta asfalttimassasta. Rakenteen parantamisia ei moottoritiellä suoriteta 60 vuoden aikana. Kunnossapidon eli hiekoituksen, suolauksen ja aurauksen materiaalien kulutus on hyvin vähäistä kokonaisuuteen verrattuna.



* kokonaan uusi tielinjaus

Kuva 26. Moottoritien elinkaarenaikaisten (60 v.) MI-lukujen jakautuminen eri osa-alueisiin.

Moottoritien liikenne vaikuttaa merkittävästi niin abioottiseen, veden kuin ilmakein MI-lukuun (kuva 26). Kuten ajoneuvojen MI-luvuista nähtiin, liikenteen luvut ovat pääasiassa käytön aikaisesta kulutuksesta eli käytetystä polttoaineesta. Liikenteen abioottisesta luvusta henkilöautoliikenteen osuus on 67 % ja rekkaliikenteen osuus 19 %. Vähäliikenteisen tien elinkaaren materiaalit ovat pääasiassa tierakenteesta, kun taas vilkasliikenteisillä teillä elinkaaren materiaalimenekissä korostuu liikenteen osuus kulutuksesta. Liikenteen vaikutus tien elinkaarenaikaiseen materiaalien kulutukseen on sitä suurempi, mitä vilkasliikenteisempi tie on kyseessä.

8 MIPS-TULOKSET

MIPS-tulokset voitaisiin tässä esittää joko eri ajoneuvotyyppien kautta tai toisaalta eri tietyyppien kautta. Tämän tutkimuksen otsikon kannalta olisi kenties loogisempaa esittää tulokset erikseen kunkin tietyyppin osalta, mutta tulosten käytettävyyden kannalta tulokset esitetään tässä kuitenkin eri ajoneuvotyyppien kautta. Siten esimerkiksi henkilöliikenteen tuloksia voidaan helpommin vertailla eri tieluokkien kesken. Tulevaisuudessa tuloksia

käytettäneen ennen kaikkea silloin, kun halutaan tietää, kuinka paljon eri välineillä ajaminen tai kuljettaminen kuluttaa luonnonvaroja eikä niinkään, miten yhdystien luonnonvarojen kulutus jakautuu eri ajoneuvojen kesken. Tarvittaessa tietoja voidaan hakea liitteestä 11 tai taulukosta 17 aivan kunkin tarkoituksen mukaan.

Tulokset esitetään tässä kolmella eri allokointitavalla (katso kappale 6.2.5), jotka osoittavat tulosten olevan hyvin riippuvaisia siitä, miten tierakenteen luonnonvarojen kulutus jaetaan kevyen ja raskaan liikenteen kesken. Eri tapojen paremmuutta ei ole tämän tutkimuksen puitteissa lähdetty arvioimaan, vaan ”oikean” allokointitavan valitseminen jää myöhemmälle tutkimukselle. Oikean allokointitavan valinnan tulee perustua tarkkoihin pohjatietoihin ja asiantuntijoiden lausuntoihin, jotta saadut MIPS-tulokset olisivat jatkossakin eri tahojen hyödynnettävissä.

Tämän tutkimuksen MIPS-tulokset havainnollistavat, mitä suuruusluokkaa luvut ovat ja miten luvut vaihtelevat eri allokointitapojen mukaan. Jos lukuja haluaa käyttää esimerkiksi urheiluseurojen linja-autokuljetusten luonnonvarojen kulutuksen laskemiseen, tulee huomioda MIPS-lukujen ääripäät ja ymmärtää lukujen eroavaisuuksien syyt. Jatkossa kyseisistä kolmesta eri laskutavasta on FIN-MIPS Liikenne –hankkeen puitteissa tarkoitus päättää kunkin ajoneuvotyypin ja tietyypin yhdistelmien osalta yhdet todelliset luvut, joita esimerkiksi yritykset voivat käyttää ympäristölaskelmiensa pohjana.

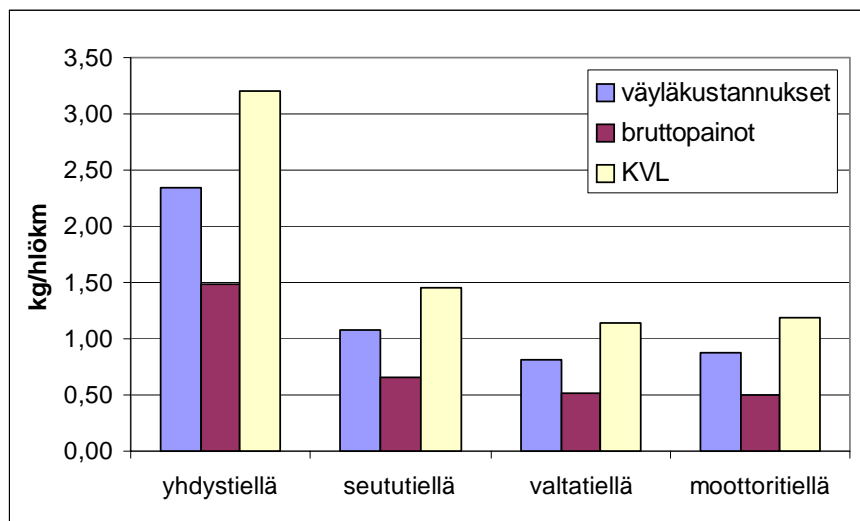
Tuloksiin johtaneet laskut ovat liitteessä 11 ja kaikki MIPS-tulokset neljässä eri MI-kategoriassa jokaisen ajoneuvon ja tieluokan osalta kolmella allokointitavalla laskettuna ovat taulukossa 17. Seuraavassa tulokset esitetään vain abioottisten tulosten osalta diagrammien muodossa, sillä bioottisen luonnonvaran ja veden kulutukset käyttäytyvät pääsääntöisesti samassa suhteessa eri tieluokkien välillä. Ilman kulutus riippuu lähinnä polttoainekulutuksesta, joten siinä ei esiinny suuria eroja eri allokointitapojen välissä.

8.1 Henkilöautoliikenteen luonnonvarojen kulutus eri tieluokan teillä

Tutkimuksessa laskettiin luonnonvarojen kulutus henkilöautoliikenteen osalta sekä ajoneuvoa kohden että kuljetettua henkilöä kohden. Ajoneuvoa kohden laskettu kulutus eri tieluokan teillä

voidaan lukea taulukosta 17 ja henkilöä kohden laskettu kulutus esitetään taulukon ohella myös seuraavassa. Käytännössä henkilöä kohden lasketut MIPS-luvut ovat ajoneuvoa kohden laskettu kulutus / 1,4 henkilöllä (keskimääräinen kuljetettu henkilömäärä).

Yhdystiellä ajettaessa henkilöautolla luonnonvaroja kuluu henkilöä kohden kilometrillä seuraavasti: abioottisia luonnonvaroja 1,48 kg – 3,21 kg (kuva 27), bioottisia luonnonvaroja 0,21 – 0,46 kg, vettä 13,18 – 27,95 kg ja ilmaa 0,14 – 0,16 kg (taulukko 17). Seututiellä luonnonvarojen kulutus henkilökilometriä kohden on: abioottisia luonnonvaroja 0,66 kg – 1,45 kg (kuva 27), bioottisia luonnonvaroja 0,05 – 0,11 kg, vettä 4,42 – 8,65 kg ja ilmaa 0,13 – 0,14 kg (taulukko 17).



Kuva 27. Henkilöautolla ajamisen MIPS-luku eri allokointimenetelmin laskettuna.

Vilkasliikenteisillä teillä ajaminen kuluttaa kaikkein vähiten luonnonvaroja palvelusuoritetta kohden laskettuna. Vaikka tierakenne on raskas, ovat liikennemäärät niin suuria, että teiden ”hyötysuhde” on parempi kuin alemmissa tieluokissa. Kun tien elinkaarenaikainen materiaalien määrä suhteutetaan sen päällä kulkevien ajoneuvojen määrään, jää luonnonvarojen kulutus henkilöä kohden alempia tieluokkia vähäisemmäksi. Valtatiellä henkilöauto kuluttaa henkilöä kohden abioottisia luonnonvaroja 0,51 kg – 1,14 kg (kuva 27), bioottisia luonnonvaroja 0,01 – 0,03 kg, vettä 3,45 – 6,57 kg ja ilmaa 0,13 kg jokaisella ajettulla kilometrillä (taulukko 17). Moottoritiellä luvut ovat lähes samoja: abioottisia luonnonvaroja kuluu ajettulla kilometrillä 0,50 kg – 1,19 kg (kuva 27), bioottisia luonnonvaroja 0,01 – 0,03 kg, vettä 1,99 – 2,98 kg ja ilmaa 0,13 kg (taulukko 17).

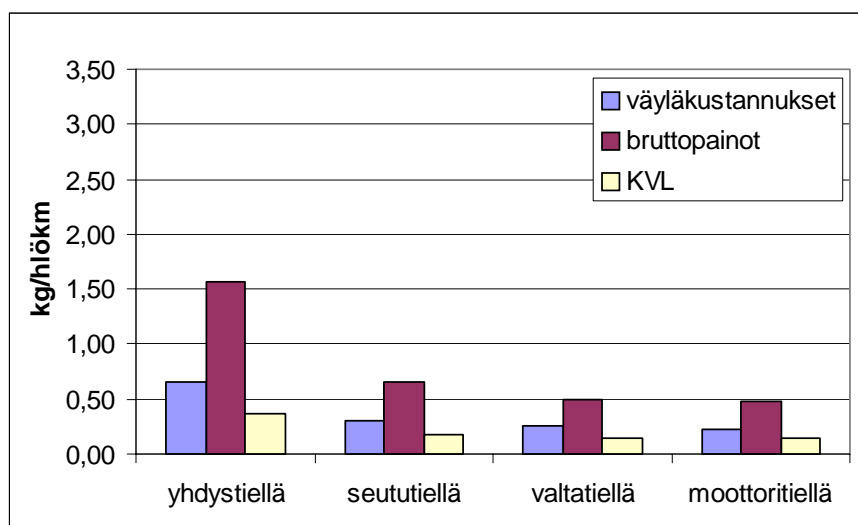
Taulukko 17. Tutkimuksen MIPS-tulokset ajoneuvoryhmittäin ja tieluokittain.

HENKILÖAUTO	allokointitapa: väyläkustannukset				allokointitapa: ajoneuvojen bruttopainot				allokointitapa: ajoneuvojen osuus KVL:stä			
	M/ajoneuvokm				M/ajoneuvokm				M/ajoneuvokm			
	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
yhdistie	3,30	0,47	28,88	0,21	2,07	0,29	18,45	0,20	4,50	0,65	39,13	0,23
seututie	1,51	0,12	9,32	0,19	0,92	0,07	6,18	0,18	2,03	0,16	12,11	0,19
valtatie	1,15	0,03	6,95	0,18	0,72	0,02	4,83	0,18	1,60	0,05	9,20	0,19
moottoritie	1,22	0,03	3,54	0,18	0,70	0,02	2,78	0,18	1,66	0,04	4,18	0,18
	M/henkilökilom				M/henkilökilom				M/henkilökilom			
	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
yhdistie	2,35	0,34	20,63	0,15	1,48	0,21	13,18	0,14	3,21	0,46	27,95	0,16
seututie	1,08	0,08	6,65	0,14	0,66	0,05	4,42	0,13	1,45	0,11	8,65	0,14
valtatie	0,82	0,02	4,96	0,13	0,51	0,01	3,45	0,13	1,14	0,03	6,57	0,13
moottoritie	0,87	0,02	2,53	0,13	0,50	0,01	1,99	0,13	1,19	0,03	2,98	0,13
LINJA-AUTO												
	M/ajoneuvokm				M/ajoneuvokm				M/ajoneuvokm			
	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
yhdistie	8,43	1,19	73,47	0,82	20,40	2,98	175,53	0,97	4,80	0,65	42,54	0,78
seututie	3,90	0,29	24,02	0,76	8,46	0,68	48,53	0,81	2,33	0,16	15,57	0,74
valtatie	3,25	0,09	19,28	0,75	6,42	0,18	34,93	0,78	1,91	0,05	12,66	0,74
moottoritie	2,99	0,07	9,11	0,73	6,29	0,16	13,88	0,74	1,97	0,04	7,64	0,73
	M/henkilökilom				M/henkilökilom				M/henkilökilom			
	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
yhdistie	0,65	0,09	5,65	0,06	1,57	0,23	13,50	0,07	0,37	0,05	3,27	0,06
seututie	0,30	0,02	1,85	0,06	0,65	0,05	3,73	0,06	0,18	0,01	1,20	0,06
valtatie	0,25	0,01	1,48	0,06	0,49	0,01	2,69	0,06	0,15	0,00	0,97	0,06
moottoritie	0,23	0,01	0,70	0,06	0,48	0,01	1,07	0,06	0,15	0,01	0,59	0,06
PAKETTIAUTO												
	M/ajoneuvokm				M/ajoneuvokm				M/ajoneuvokm			
	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
yhdistie	1,37	0,18	12,64	0,26	4,05	0,58	35,52	0,26	4,53	0,65	39,58	0,26
seututie	0,69	0,04	5,25	0,26	1,75	0,13	10,94	0,27	2,06	0,16	12,61	0,28
valtatie	0,58	0,01	4,45	0,26	1,34	0,04	8,21	0,27	1,64	0,05	9,69	0,27
moottoritie	0,59	0,01	3,08	0,26	1,30	0,03	4,10	0,26	1,70	0,04	4,68	0,26
KEYYT KUORMA-AUTO												
	M/tonnikm				M/tonnikm				M/tonnikm			
	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
yhdistie	2,58	0,38	22,21	0,10	3,16	0,47	27,15	0,10	0,68	0,09	5,93	0,07
seututie	0,94	0,08	5,36	0,08	1,31	0,11	7,38	0,08	0,31	0,02	2,01	0,07
valtatie	0,80	0,02	4,27	0,07	0,98	0,03	5,20	0,07	0,25	0,01	1,59	0,07
moottoritie	0,87	0,02	1,74	0,07	0,95	0,02	1,86	0,07	0,26	0,01	0,87	0,07
PUOLIPERÄVAUNUREKKA												
	M/tonnikm				M/tonnikm				M/tonnikm			
	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
yhdistie	1,75	0,25	15,02	0,08	2,80	0,41	24,03	0,10	0,36	0,05	3,17	0,07
seututie	0,67	0,05	3,89	0,07	1,16	0,09	6,49	0,08	0,17	0,01	1,20	0,06
valtatie	0,61	0,02	3,30	0,07	0,87	0,03	4,59	0,07	0,15	0,00	1,00	0,06
moottoritie	0,78	0,02	1,55	0,07	0,84	0,02	1,64	0,07	0,15	0,00	0,64	0,06
TÄYSPERÄVAUNUREKKA												
	M/tonnikm				M/tonnikm				M/tonnikm			
	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
yhdistie	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
seututie	0,76	0,06	4,29	0,05	1,10	0,09	6,11	0,05	0,12	0,01	0,86	0,04
valtatie	0,51	0,01	2,72	0,05	0,82	0,02	4,28	0,05	0,10	0,00	0,72	0,04
moottoritie	0,38	0,01	0,88	0,04	0,80	0,02	1,48	0,05	0,10	0,00	0,48	0,04

8.2 Linja-autoliikenteen luonnonvarojen kulutus eri tieluokan teillä

Linja-autoliikenteen MIPS-luvut laskettiin henkilöautoliikenteen tavoin sekä ajoneuvoa kohden että henkilöä kohden. Taulukosta 17 voidaan lukea ajoneuvoa kohden lasketut MIPS-luvut eri tieluokan teillä. Henkilöautoliikenteen ja linja-autoliikenteen kulutuksen vertailtavuuden vuoksi esitetään seuraavassa MIPS-luvut henkilöä kohden. Linja-auton täyttöaste on noin 13 henkilöä.

Linja-autolla liikkuminen yhdystiellä kuluttaa luonnonvaroja henkilöä kohden 0,37 kg – 1,57 kg abioottisia luonnonvaroja (kuva 28), 0,05 – 0,23 kg bioottisia luonnonvaroja, 3,27 – 13,50 kg vettä ja 0,06 – 0,07 kg ilmaa kuljetulla kilometrillä (taulukko 17). Seututiellä luonnonvaroja kuluu henkilöä kohden 0,18 kg – 0,65 kg abioottisia luonnonvaroja (kuva 28), 0,01 – 0,05 kg bioottisia luonnonvaroja, 1,20 – 3,73 kg vettä ja 0,06 kg ilmaa kuljetulla kilometrillä (taulukko 17).



Kuva 28. Linja-autolla ajamisen MIPS-luku eri allokointimenetelmin laskettuna.

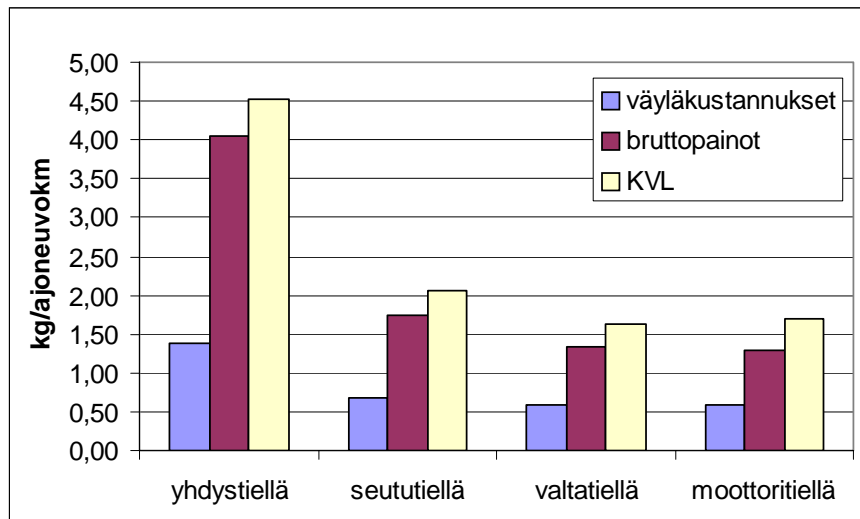
Vilkasliikenteisillä teillä linja-autoliikennettä on muun liikenteen ohella niin paljon, että luonnonvarojen kulutuksen osuus ajoneuvoa ja henkilöä kohden jää muita teitä vähäisemmäksi. Abioottisia luonnonvaroja kuluu henkilökilometriä kohden 0,15 – 0,49 kg (kuva 28), bioottisia varoja 0– 0,01 kg, vettä 0,59 – 2,69 kg ja ilmaa 0,06 kg (taulukko 17).

Linja-autoliikenteen ja henkilöautoliikenteen allokointitapoja vertailtaessa voidaan todeta, että KVL:n mukaan allokoidut luvut tuottavat henkilöautoliikenteelle suurimmat luvut ja vastaavasti linja-autoliikenteelle pienimmät luvut. Bruttopainojen mukaan laskettuna suhde on toisinpäin. On ymmärrettävää, että KVL:n mukaan laskettuna henkilöautojen vuorokausiliikennemäärä on linja-autoja huomattavasti suurempi ja toisaalta bruttopainojen mukaan laskettuna linja-autojen kokonaispainot vastaavat useamman henkilöauton painoja. Tämän vuoksi allokointi-kysymys on ratkaistava ennen yleisesti hyväksyttyjen ja käytettävien lukujen julkaisemista.

8.3 Pakettiautoliikenteen luonnonvarojen kulutus eri tieluokan teillä

Pakettiautolla ajamisen luonnonvarojen kulutus on laskettu vain ajoneuvoa kohden, sillä tutkimuksessa on oletettu, että MIPS-luvut ajoneuvokilometriä kohden olisivat kaikkein hyödyllisimmät luvut tulosten jatkokäyttöä ajatellen. Lisäksi pakettiautojen kuljettamien tavaratonniin määrä lienee varsin vaihtelevaa. Bruttopainoja arvioitaessa allokointia varten oletettiin, että pakettiauton kokonaispaino olisi noin 3 tonnia eli kaksinkertainen paino henkilöautoon nähden.

Allokointitavasta ja tieluokasta riippuen pakettiauto kuluttaa abioottisia luonnonvaroja 0,58 – 4,53 kg (kuva 29), bioottisia varoja 0,01 – 0,65 kg, vettä 3,08 kg – 39,58 kg ja ilmaa 0,26 – 0,28 kg kilometriä kohden (taulukko 17). Allokointitavasta riippuen tuloksissa on huomattavia eroja ja muihin ajoneuvojen lukuihin verrattuna väyläkustannuksilla lasketut luvut eivät sijoitu muiden arvojen välille. Väyläkustannusten mukaan tien elinkaaren materiaaleista 2 % on pakettiautojen osuutta, bruttopainojen mukaan noin 6 % ja KVL:n mukaan noin 7 %.

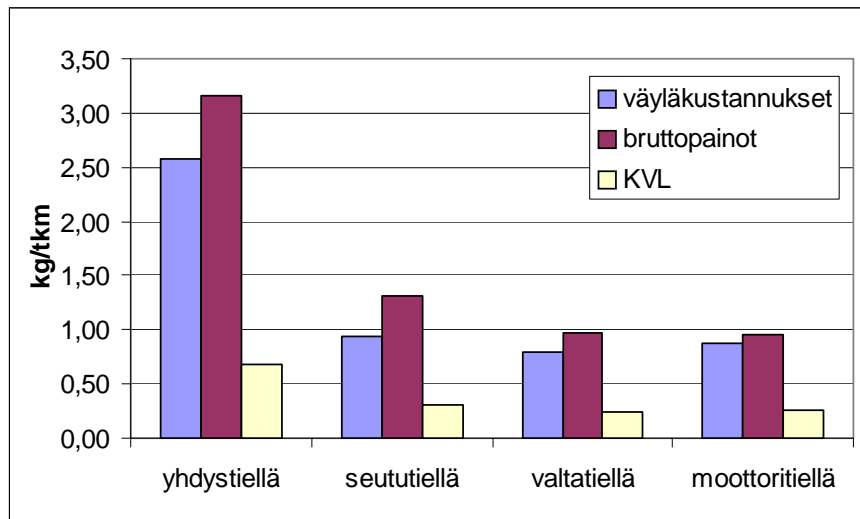


Kuva 29. Pakettiautolla ajamisen MIPS-luku eri allokointimenetelmin laskettuna.

8.4 Kevyen kuorma-autoliikenteen luonnonvarojen kulutus eri tieluokan teillä

Tavaraliikenteen osalta MIPS-luvut laskettiin tavaratonneja kohden (taulukko 17). Tarvittaessa MIPS-luvut ajoneuvokilometriä kohden löytyvät liitteestä 11, mutta ne eivät ole taulukossa 17, johon on kerätty lukuja mahdollisimman tiiviisti jatkotutkimuksia ajatellen. Kevyen kuorma-auton keskimääräinen kuljetettu tavaramäärä on noin 7 tonnia.

Kevyellä kuorma-autolla ajaminen kuluttaa yhdystiellä abioottisia luonnonvaroja tonnikipometriä kohden 0,68 – 3,16 kg (kuva 30), bioottisia varoja 0,09 - 0,38 kg, vettä 5,93 – 27,15 kg ja ilmaa 0,07 – 0,10 kg (taulukko 17). Seututiellä kulutus tonnikipometriä kohden on abioottisia luonnonvaroja 0,31 – 1,31 kg (kuva 30), bioottisia varoja 0,02 - 0,11 kg, vettä 2,01 – 7,38 kg ja ilmaa 0,07 – 0,08 kg (taulukko 17). Vilkasliikenteisillä teillä abioottisia luonnonvaroja kuluu 0,25 – 0,98 kg (kuva 30), bioottisia varoja 0,01 - 0,03 kg, vettä 0,87 – 5,20 kg ja ilmaa 0,07 kg tonnikipometriä kohden (taulukko 17).

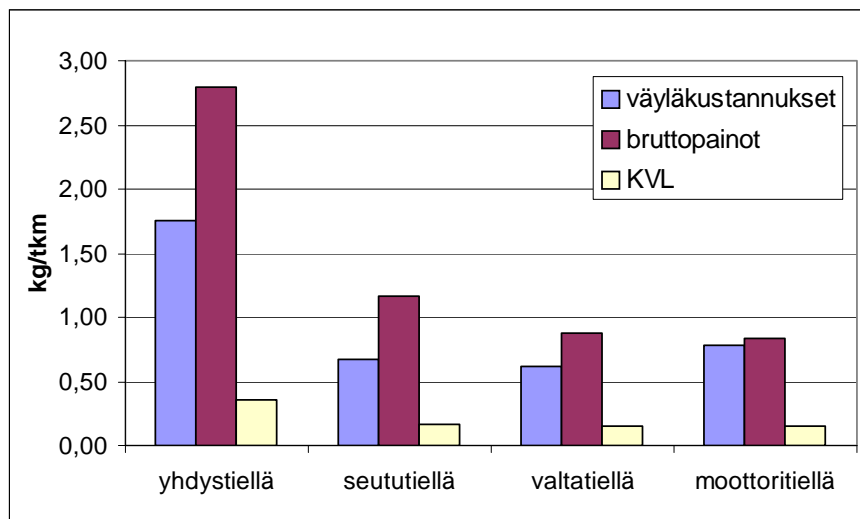


Kuva 30. Kevyellä kuorma-autolla ajamisen MIPS-luku eri allokointimenetelmin laskettuna.

8.5 Puoliperävaunullisen rekkaliikenteen luonnonvarojen kulutus eri tieluokan teillä

Taulukossa 17 on esitetty MIPS-luvut tonnikipometrejä kohden ja liitteessä 11 ovat MIPS-luvut tarvittaessa myös ajoneuvokilometrejä kohden. Raskas rekkaliikenne kuluttaa tonnikipometrejä kohden sitä vähemmän luonnonvaroja, mitä painavampi yhdistelmän kokonaispaino on ja mitä vilkasliikenteisemmällä tiellä liikutaan.

Puoliperävaunullinen rekkaliikenne kuljettaa tavaraa keskimäärin 14 tonnia. Tällöin puoliperävaunurekka kuluttaa yhdystiellä ajaessaan abioottisia luonnonvaroja 0,36 – 2,80 kg (kuva 31), bioottisia varoja 0,05 - 0,41 kg, vettä 3,17 – 24,03 kg ja ilmaa 0,07 – 0,10 kg tonnikipometrejä kohden (taulukko 17). Seututiellä luvut ovat hieman pienemmät: 0,17 – 1,16 kg abioottisia luonnonvaroja (kuva 31), 0,01 - 0,09 kg bioottisia varoja, 1,20 – 6,49 kg vettä ja 0,06 – 0,08 kg ilmaa tonnikipometrejä kohden (taulukko 17).

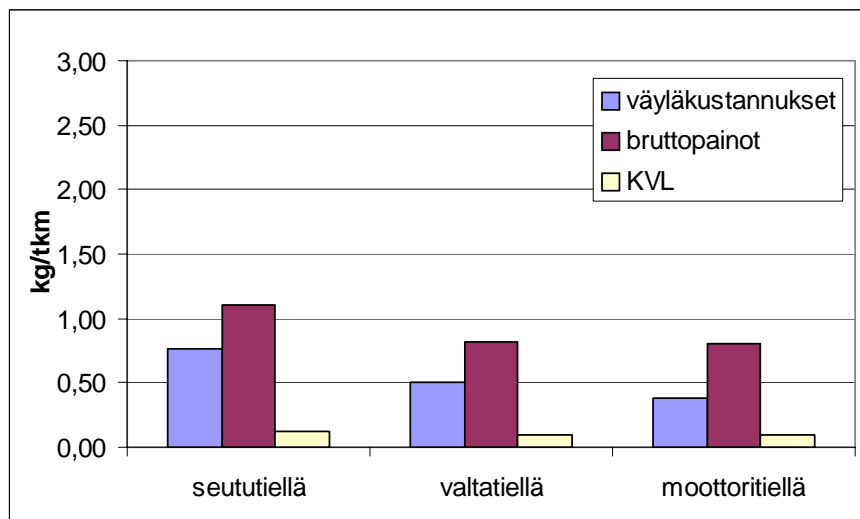


Kuva 31. Puoliperävaunurekalla ajamisen MIPS-luku eri allokointimenetelmin laskettuna.

Valtatiellä ja moottoritiellä puoliperävaunullinen rekkaliikenne kuluttaa abioottisia luonnonvaroja 0,15 – 0,87 kg (kuva 31), bioottisia varoja 0– 0,03 kg, vettä 0,64 – 4,59 kg ja ilmaa 0,06 – 0,07 kg tonnikilometriä kohden (taulukko 17).

8.6 Täysperävaunullisen rekkaliikenteen luonnonvarojen kulutus eri tieluokan teillä

Täysperävaunullisen rekkaliikenteen luonnonvarojen kulutus ajoneuvokilometriä kohden on esitetty liitteessä 11 ja tonnikilometriä kohden taulukossa 17. Keskimääräinen täysperävaunurekan kuljettama tavaramäärä painaa 21 tonnia. Kuten kuvasta 32 nähdään, abioottisen luonnonvaran kulutus jää tieluokasta riippumatta alle kiloon tonnikilometriä kohden. Yhdysteiden täysperävaunullisen rekkaliikenteen on arvioitu olevan niin vähäistä, ettei sitä ole huomioitu näissä laskuissa lainkaan.



Kuva 32. Täysperävaunurekalla ajamisen MIPS-luku eri allokointimenetelmin laskettuna.

Täysperävaunullinen rekkaliikenne kuluttaa tieluokasta riippuen abioottisia luonnonvaroja 0,10 – 1,10 kg (kuva 32), bioottisia varoja 0– 0,09 kg, vettä 0,48 – 6,11 kg ja ilmaa 0,04 – 0,05 kg tonnikipometriä kohden (taulukko 17).

9 TULOSTEN SOVELTAMINEN

Tutkimuksessa laskettuja MI- ja MIPS-lukuja käytetään todennäköisesti jatkossa eri liikennemuotojen luonnonvarojen kulutuksien vertailuun sekä muiden elinkaari- ja MIPS-laskujen apuna. Seuraavassa tuloksia sovelletaan esimerkinomaisesti tiepiirien luonnonvarojen kulutuksen tarkasteluun. Tulokset esitetään kartoilla sekä tiepiirin vuosittaisen kokonaiskulutuksen osalta että suhteutettua palvelua eli ajoneuvokilometriä kohden. Tarkastelu on toteutettu ensimmäisen allokointitavan eli väyläkustannusten mukaan laskettujen MIPS-lukujen pohjalta.

Laskuissa on käytetty tiepiirien liikennesuoritetietoja (taulukko 18) ja laskettuja MIPS- lukuja (MI/ ajoneuvokilometri) taulukosta 17 sekä liitteestä 11. Liikennesuoritteen on arvioitu jakautuvan ajoneuvojen kesken aiemmin taulukossa 6 esitetyn jaottelun mukaisesti. Tässä tarkastelussa tiet on luokiteltu yksinkertaisuuden vuoksi kolmeen luokkaan, jolloin päätieverkko esitetään yhdessä (valta- ja kantatiet). Seututiet muodostavat toisen luokan ja

yhdystiet kolmannen. Päätieverkon tuloksia laskettaessa on hyödynnetty valtatien tietoja sekä taulukosta 6 että liitteestä 11.

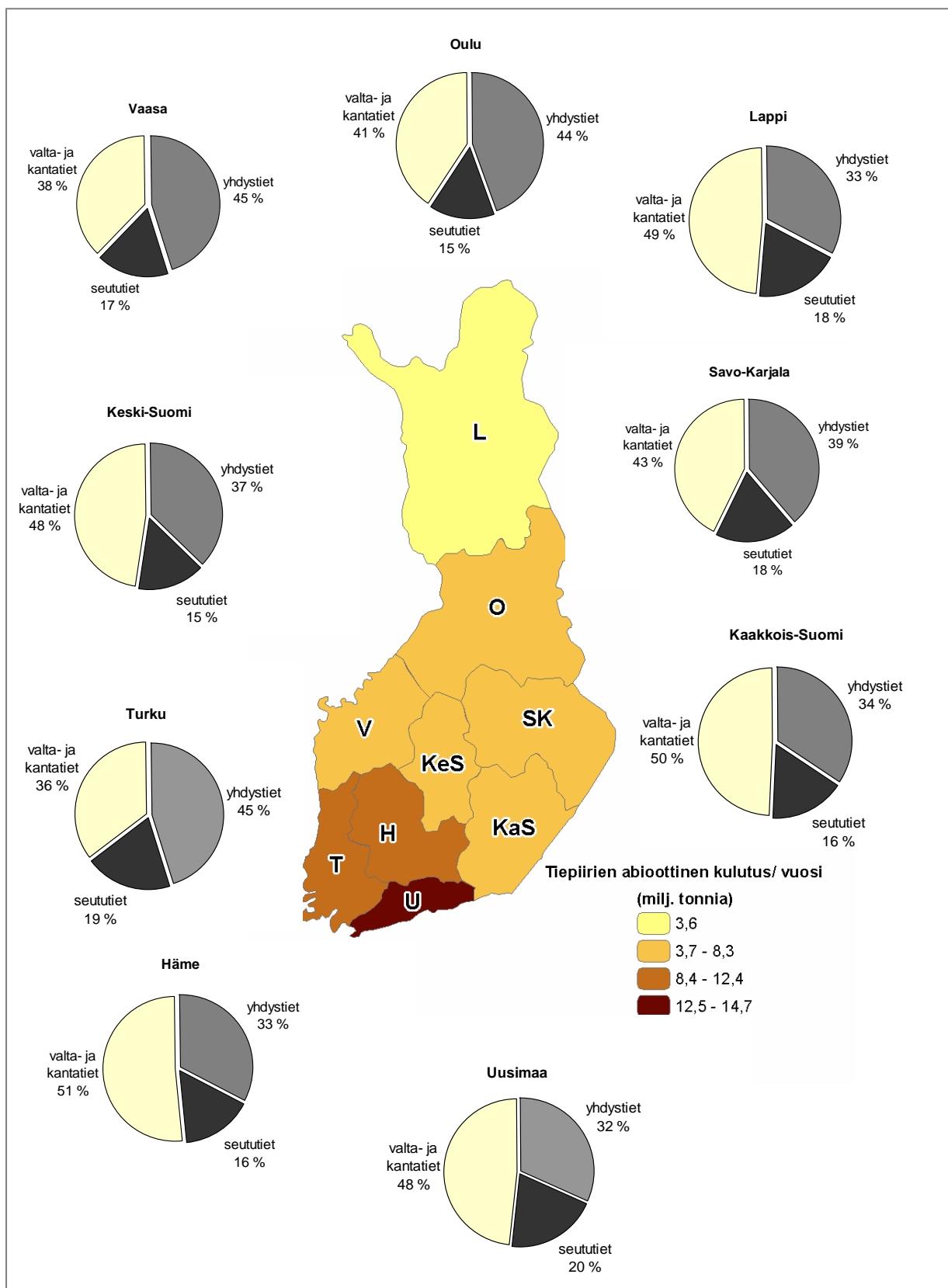
Taulukko 18. Liikennesuoritteet tiepiireittäin (Yleiset tiet 1.1.2004).

tiepiiri	valtatie+kantatie (milj. autokm)	seututie	yhdystie	yhteensä:
Uusimaa	4 327	1 423	1 022	6 772
Turku	2 190	944	996	4 130
Kaakkois-Suomi	2 196	567	549	3 312
Häme	3 892	942	890	5 724
Savo-Karjala	1 708	584	554	2 846
Keski-Suomi	1 329	330	374	2 033
Vaasa	1 711	606	731	3 048
Oulu	2 083	591	813	3 487
Lappi	1 076	320	260	1 656

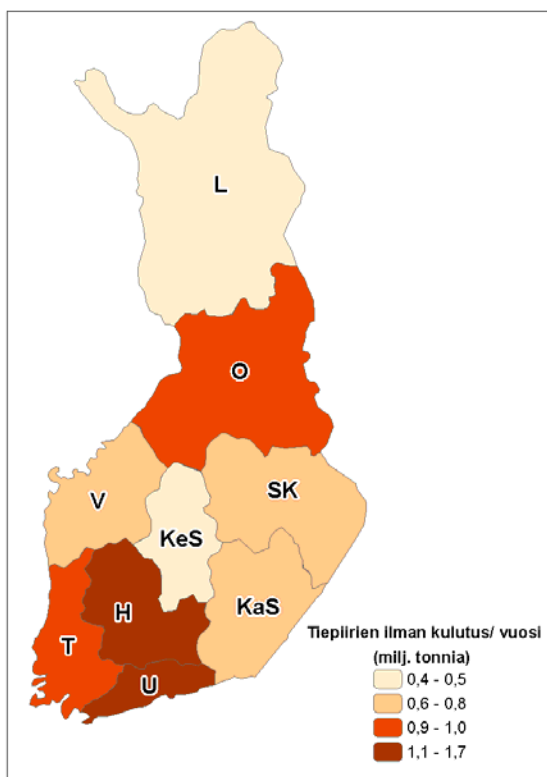
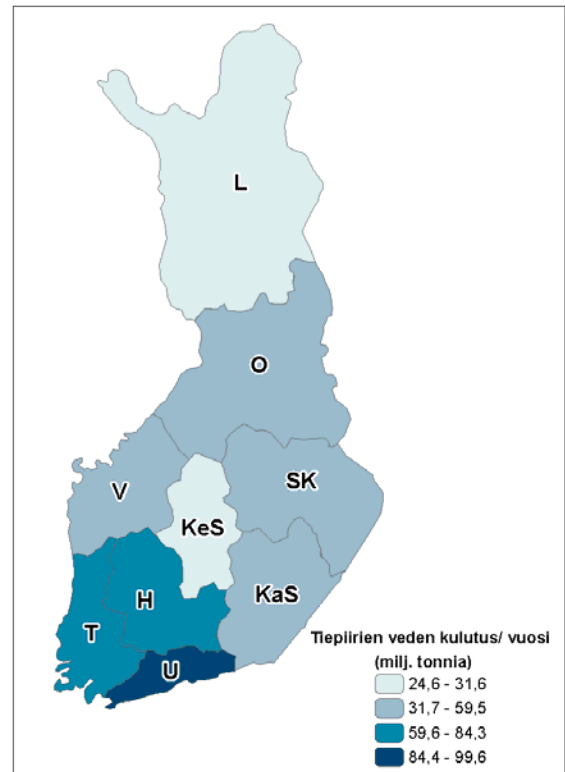
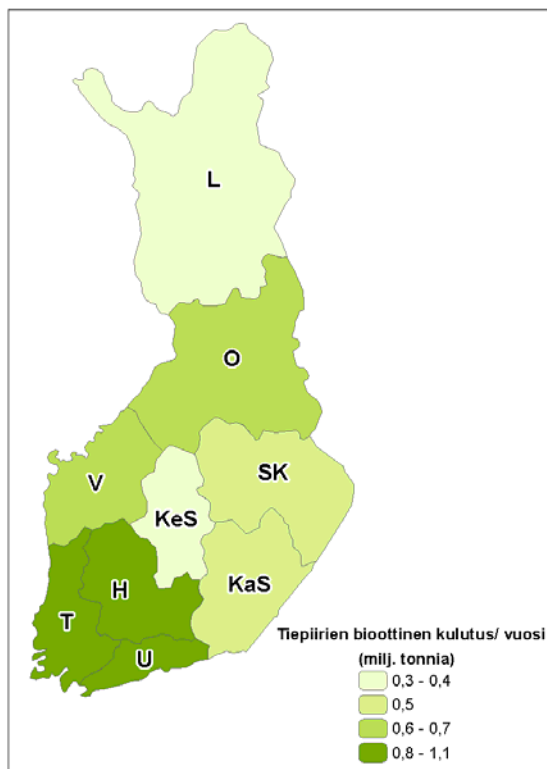
Ensimmäisissä karttaesityksissä (kuvat 33 ja 34) tiepiirien vuosittainen luonnonvarojen kulutus on laskettu MIPS-tuloksista ja eri ajoneuvoille jaetuista liikennesuoritteista: ajoneuvon MIPS-luku (MI / ajoneuvokm) tietyllä tieluokalla kerrottuna vuosittaisella ajoneuvokohtaisella liikennesuoritteella samalla tieluokalla. Eri ajoneuvojen luvut on lopuksi laskettu yhteen, jolloin on saatu kaikkien teiden ja ajoneuvojen vuosittainen luonnonvarojen kulutuksen yhteenlaskettu summa. Samaan tulokseen tulisi päästä, jos tarkastelu tapahtuisi teiden ja ajoneuvojen elinkaarilaskuista (MI-laskuista) käsin.

Lukuja tarkasteltaessa on muistettava, että luvut sisältävät kaikki tierakenteet kunnostamisen ja ylläpidon toimenpiteineen sekä kaikki ajoneuvot elinkaarenaikaisine kulutuksineen. Karttojen esitettävien teemojen luokittainen jaottelu on toteutettu luonnollisia luokkavälejä käyttämällä, jolloin samaa tai läheistä arvoa edustavat alueet esitetään yhteisessä luokassa.

Tiepiirien vuosittainen abioottisten luonnonvarojen kulutus vaihtelee Lapin tiepiirin 3,6 tonnista Uudenmaan tiepiirin 14,7 tonniin. Abioottinen kulutus keskittyy Uudenmaan tiepiiriin lisäksi Hämeen ja Turun tiepiireihin, missä tieverkko on tiheää. Erityisesti Hämeessä ja Uudellamaalla merkittävä osa tiestöstä on valtateitä. Turussa abioottisen luvun jakautuminen tieluokkien kesken poikkeaa muiden Etelä-Suomen tiepiirien jakaumasta, koska alempien tieluokkien tiestö on runsasta taajamien ulkopuolella ja rannikolla. Tiepiirien uusiutumattomien luonnonvarojen kulutuksesta lähes puolet on valta- ja kantateiden kulutuksesta –muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta (kuva 33).



Kuva 33. Tiepiirien vuosittainen abioottisen luonnonvarojen kulutus ja sen jakautuminen eri tieluokkien kesken.

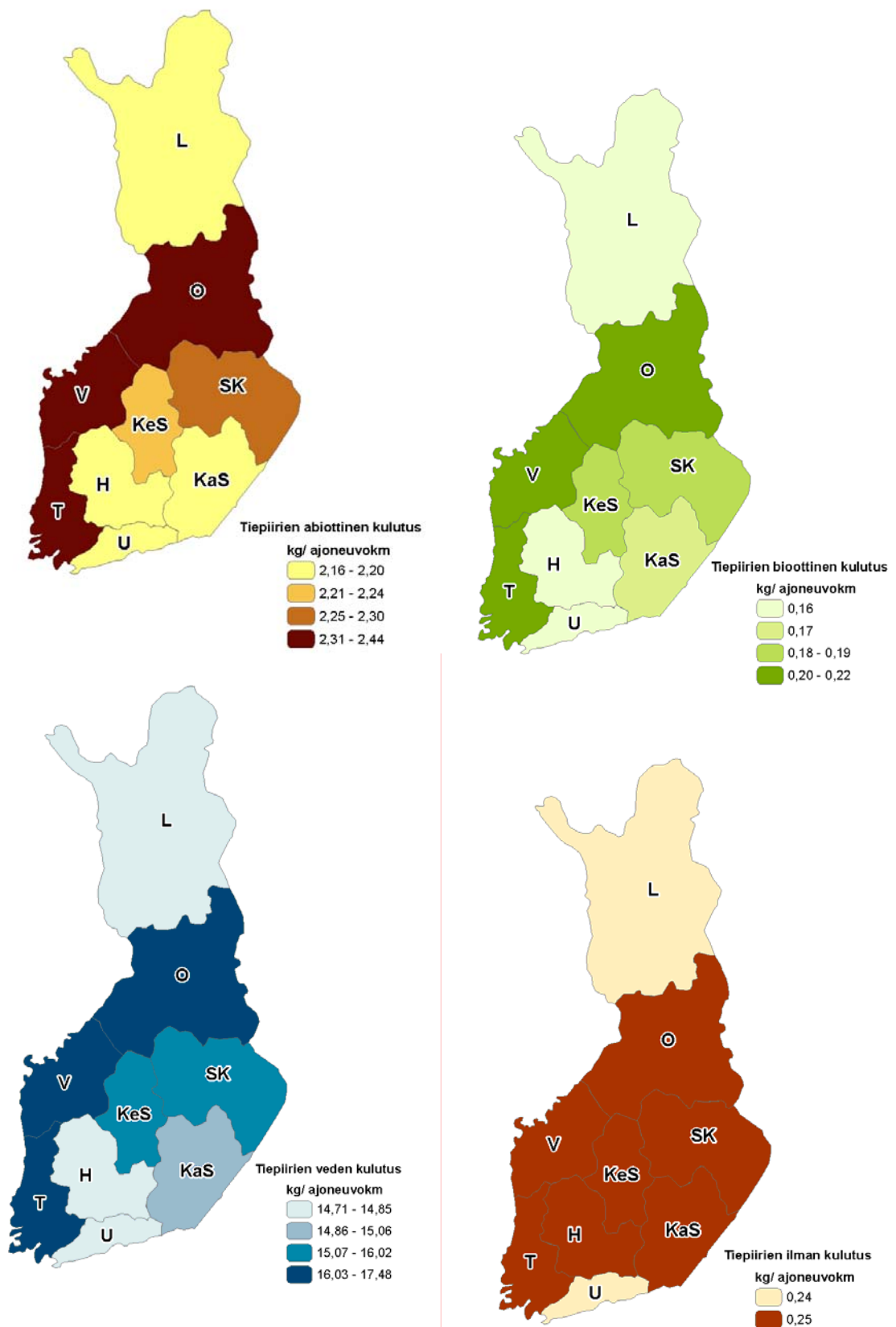


Kuva 34. Tiepiirien vuosittaiset luonnonvarojen kokonaiskulutukset.

Tiepiirien bioottisten luonnonvarojen kulutus vaihtelee Lapin 0,3 tonnista ja Keski-Suomen 0,4 tonnista Uudenmaan 1,1 tonniin vuodessa. Vettä kuluu Lapissa ja Keski-Suomessa noin 25 – 30 tonnia, Vaasan, Oulun, Savo-Karjalan ja Kaakkois-Suomen tiepiireissä noin 30 – 60 tonnia ja Etelä-Suomessa Hämeen ja Turun tiepiireissä noin 60 – 85 tonnia vuodessa. Uudenmaan tiepiirissä veden kulutus on vuodessa lähes 100 tonnia, mikä on suurelta osin vilkkaasta liikenteestä aiheutuvaa kulutusta. Ilmaa kuluu tiepiiristä riippuen 0,4 tonnista 1,7 tonniin (kuva 34). Luonnonvarojen vuosittaisesta kokonaiskulutuksesta kertovat kartat osoittavat, että luonnonvarojen kulutus on vähäisintä Lapin ja Keski-Suomen tiepiireissä ja runsainta Uudenmaan tiepiirissä. On huomioitava, että lukuja ei ole suhteutettu esimerkiksi tiepiirien pinta-alaan, jolloin tiepiirien keskinäiset suhteet saattaisivat olla erilaiset.

Toisena kartoilla esitetään tiepiirien vuosittainen luonnonvarojen kokonaiskulutus suhteutettuna vuosittaiseen liikennesuoritteeseen (taulukko 18). Uudenmaan sijaan kartoilla korostuvat Turun, Vaasan ja Oulun tiepiirit, joissa luonnonvarojen kulutus on ajoneuvokilometriä kohden muuta maata suurempaa. Uudellamaalla ja Hämeessä teiden palvelusoorite (S) eli hyötysuhde on muuta maata tehokkaampaa ja Lapissa tiestöä ja liikennettä on muuhun maahan verrattuna vähäisesti. Tämän näkökulman mukaisesti ajoneuvokilometreihin suhteutettu tieliikenne on ympäristöystävällisintä Uudenmaan, Hämeen ja Lapin tiepiireissä. Toisaalta kaiken kaikkiaan tiepiirien luonnonvarojen kulutusten eroavaisuudet ovat suurimmillaan muutamia satoja grammoja / ajoneuvokilometri. Vain veden kulutuksessa erot ovat suurimmillaan pari kiloa ajoneuvokilometriä kohden (kuva 35).

Kartoilla esitettyjen tulosten mukaan Suomen tieliikenne kuluttaa tieluokista ja ajoneuvoista riippumatta abioottisia luonnonvaroja reilut 2 kg, bioottisia varoja vajaat 0,2 kg, vettä noin 16 kg ja ilmaa reilut 0,2 kg jokaista ajettua kilometriä kohden.



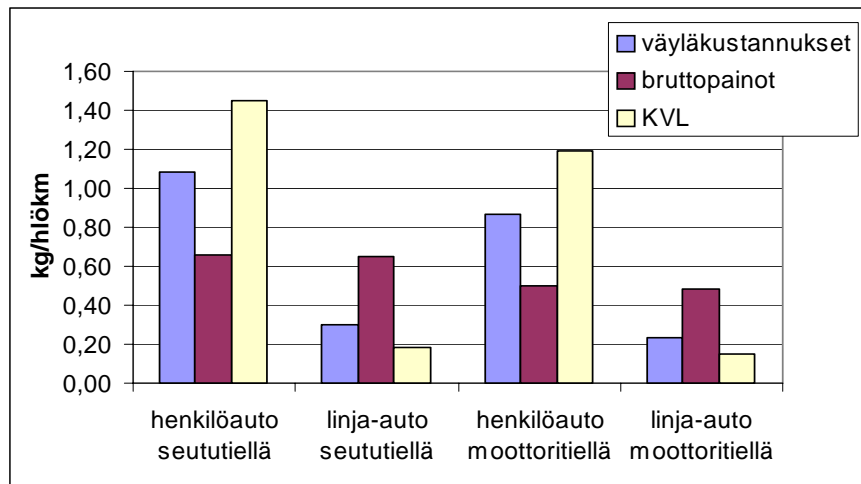
Kuva 35. Tiepiirien luonnonvarojen kulutus/ ajoneuvokilometri.

10 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

10.1 Tutkimustulosten arviointi

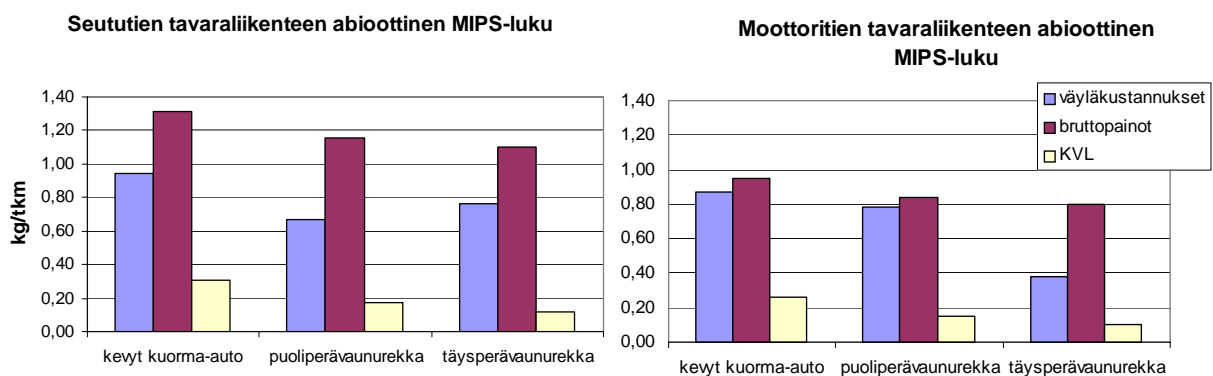
Tuloksista voidaan huomata, että allokointitapa 1 eli väyläkustannusten perusteella suoritettu luonnonvarojen kulutuksen jakaminen kevyen ja raskaan liikenteen kesken sijoittuu kahden muun allokointitavan välille (paitsi pakettiautojen osalta). Bruttopainojen mukaan lasketut MIPS-luvut kohdentavat suurimman osan luonnonvarojen kulutuksesta raskaan liikenteen ”syyksi”, koska raskas liikenne painaa kevyttä liikennettä huomattavasti enemmän. Vaikka kevyempää liikennettä on määrällisesti enemmän, on painojen mukaan katsottuna raskas liikenne kuitenkin kaikkein tierakennetta kuormittavinta liikennettä. Kolmantena lasketun allokointitavan eli keskimääräisen vuorokausiliikenteen (KVL) mukaan laskettuna merkittävä osa tien elinkaarenaikaisesta materiaalien kulutuksesta kohdentuu sille liikennemuodolle, jota tien päällä kulkee määrällisesti eniten. Tällöin MIPS-luvut ovat henkilöautoliikenteelle huomattavasti suuremmat kuin bruttopainojen mukaan allokoituna. Vaikka väyläkustannukset sijoittuvatkin näiden kahden ääripään välille, ei sitä voida hyväksyä parhaaksi allokointitavaksi vain sen vuoksi, että sen luvut tuntuvat edustavan keskiarvoa. Tämän lisäksi väyläkustannusten pohjana olevaa tutkimusta tulisi tarkastella syvällisemmin ja arvioida kustannusjakaumaa uudelleen tämän tutkimuksen näkökulman kannalta. Yhden yleisesti hyväksyttävän ja käytettävän allokointitavan valinta vaatii vielä lisätutkimusta.

Henkilöliikenteen tulokset osoittavat, että KVL:n mukaan allokoitaessa henkilöautoliikenne kuluttaa abioottisia luonnonvaroja henkilöä kohden noin kuusi kertaa enemmän kuin linja-autoliikenne. Väyläkustannusten mukaan allokoitaessa henkilöautoliikenne kuluttaa henkilöä kohden noin kolme kertaa enemmän kuin linja-autoliikenne ja bruttopainojen mukaan laskettuna henkilöautoliikenne ja linja-autoliikenne kuluttavat henkilöä kohden saman määrän luonnonvaroja (kuva 33). Tämäkin osoittaa, että allokointitavalla on suuri merkitys lopputulosten kannalta. Kuten monet muutkin tutkimukset osoittavat, yleisillä kulkuneuvoilla liikkuminen säästää luonnonvaroja.



Kuva 33. Henkilöliikenteen abioottisen MIPS-luvun vertailua seutu- ja moottoritillä.

Kuvasta 34 nähdään, että tavaraliikenteen abioottinen MIPS-luku on sitä pienempi, mitä vilkasliikenteisemmällä tiellä ajetaan ja mitä painavampi ajoneuvon kokonaispaino on. Siten MIPS-laskennan mukaisesti täysperävaunurekka kuluttaa palvelua eli kuljetettua tavaratonnia kohden moottoritillä ajaessaan vähemmän luonnonvaroja kuin kevyt kuorma-auto ajaessaan yhdystiellä.



Kuva 34. Seututien ja moottoritien tavaraliikenteen abioottisen MIPS-luvun vertailua.

Tutkimustulokset voivat olla hyödyllisiä muiden tuotteiden ja palveluiden MIPS-lukuja laskettaessa, sillä usean hyödykkeen elinkaareen kuuluu erilainen määrä raaka-aineiden, valmiiden hyödykkeiden ja esimerkiksi jätteiden kuljetuksia. Tutkimustulokset antavat mahdollisuuden valita kuljetustyyppisiä eri ajoneuvojen ja eri tieluokkien kesken. Lukuja

voidaan hyödyntää joko ajoneuvoa kohden laskettuna tai henkilöä tai kuljetettua tavaratonnia kohden laskettuna.

Koska kolmella eri allokointitavalla lasketut tulokset poikkeavat paikoin hyvinkin paljon toisistaan, on tärkeää, että lukuja hyödynnettäessä selvitetään paras mahdollinen tapa kysymällä esimerkiksi FIN-MIPS Liikenne –hankkeen vastuuhenkilöiltä tutkimustulosten viimeisimpiä suosituksia. Ennen hankkeen päättymistä yleisesti hyväksytty allokointitapa tullaan joka tapauksessa valitsemaan joko tässä tutkimuksessa esitetyistä vaihtoehdoista tai mahdollisista uusista asiantuntijoiden valitsemista vaihtoehdoista.

On syytä korostaa, että tutkimuksen tulokset ovat suuntaa antavia ja lukuja on tarkasteltava kriittisesti. Laskujen pohjatiedot perustuvat paikoin vain tutkijan omiin arvioihin kirjallisen tai muun tiedon puuttuessa. Samoin mahdollisia laskuvirheitä voi useista tarkistuksista huolimatta esiintyä ja todellisissa hankkeiden asiakirjoissakin saattaa olla virheitä. Ja kuten aiemmin on todettu, muun muassa moottoritien laskut perustuvat tarkkoihin tietoihin ja valtatie tiedot hyvin pitkälti arvioihin –lähtötietojen tarkkuus ei ole läpi tutkimuksen yhtenevää. Lisäksi tulee huomioida, että materiaalitiedot on kerätty yksittäisten teiden osalta, jotka edustavat loppujen lopuksi vain kyseistä tielinjausta ja esimerkkietä Suomessa. Laskut eivät ole yleistettävissä kansainväliselle tieliikenteelle, koska teiden rakennusperusteet muun muassa maaperän, ilmaston ja liikennemäärien vuoksi poikkeavat toisistaan hyvinkin paljon.

10.2 Menetelmän arviointi

Schmidt-Bleek (2000: 127) korostaa, että MIPS voidaan määritellä vain palveluja tuottaville lopputuotteille –ei raaka-aineille, apuaineille tai yksittäisille materiaaleille. MIPS-tuloksia ei ole syytä tarkastella hyvin yksityiskohtaisesti vaan karkealla tasolla, suuntaa antavasti. Ennen menetelmän käyttämistä on syytä ymmärtää, mihin MIPS kykenee ja mihin ei.

Mittaria voidaan käyttää apuna esimerkiksi alustavien elinkaariarviointien kuten LCA –laskuissa, jonka jälkeen osataan keskittyä olennaiseen ja tehdä päätöksiä oikeista jatko-analyyseistä ja toimenpiteistä. MIPS-lähestymistapa voi olla avuksi teollisuuden tuotesuunnittelussa, palveluiden, prosessien, laitosten ja infrastruktuurin suunnittelussa ja

ekologisessa arvioinnissa. Menetelmän etuna on samaa palvelua tuottavien hyödykkeiden vertailtavuus, kun laskut lasketaan samaa palveluyksikköä kohden. MIPS-lähestymistavan avulla voidaan arvioida jopa kolmannen maailman maiden avun sekä teknisten projektien hyväksyttävyyttä sekä päättää erilaisten tutkimus- ja kehittämisohjelmien avustuksista (Schmidt-Bleek 2000: 128).

Kvantitatiiviseksi tutkimusmenetelmäksi MIPS on yksi vaihtoehto ekologisten ympäristövaikutusten arvioimisessa. Se sopii arviointimenetelmäksi esimerkiksi ekotoksikologisten tai kvalitatiivisten arvottamis-kysymyksiä tutkivien menetelmien rinnalle. Materiaalivirrat kuvaavat ihmisen aiheuttaman luonnonvarojen käyttöönnoton vaikutuksia laajasti tarkasteltuna varsin hyvin ja siksi materiaalivirta-analyyseihin perustuvia luonnonvaraindikaattoreita, kuten MIPSiä, on esitetty ihmisen ympäristölle aiheuttaman kokonaiskuormituksen yleismittareiksi (Eskola et al. 2002: 10).

MIPS soveltuu menetelmäksi, kun halutaan tutkia tuotteen tai toiminnon laaja-alaista ympäristökuormitusta ja ekotehokkuutta, eikä niinkään yksityiskohtaisia ympäristövaikutuksia. Materiaalivirta-ajattelun ja elinkaariajattelun työkaluna MIPS antaa mahdollisuuden arvottaa ja vertailla hyvinkin erilaisten tuotteiden ja palveluiden ympäristöominaisuuksia keskenään. Parhaiten MIPS toimii luonnonvarojen kulutuksen indikaattorina yksinkertaistetuissa elinkaariarvioinneissa (Eskola et al. 2002: 10; Suutari 1993: 31).

Menetelmän heikkoutena on, ettei se ota huomioon ainevirtojen haitallisuutta tai myrkyllisyyttä ympäristölle, vaan asettaa kaikki materiaalit niiden myrkyllisyydestä riippumatta samalle tasolle huomioiden vain materiaalivirrat. Heli Koskisen (2001) tutkimuksen mukaan MIPS ei kykene kuvaamaan tuotteen aiheuttamien ympäristövaikutusten todellista määrää, koska menetelmä antaa saman painoarvon kaikille materiaaleille huolimatta niiden yksilöllisistä ja suuruudeltaan toisistaan poikkeavista ympäristövaikutuksista. Toisaalta MIPS-laskelmien ei ole tarkoituskaan syrjäyttää ekotoksikologisia arviointeja, vaan täydentää niitä materiaali-intensiteetin näkökulmasta (Schmidt-Bleek 2000: 129).

Menetelmää on kritisoitu myös siitä, että sen ainoa tavoite on määritellä tuotteiden ja palveluiden haitallisuutta dematerialisaation näkökulmasta: mitä vähemmän hyödyke tarvitsee materiaalia elinkaarensa aikana, sitä ympäristöystävällisempi tuote tai palvelu on. MIPS-

arvioinnin tilaajan on ymmärrettävä, että menetelmä mittaa vain materiaali-intensiteettiä –ei euroja, ei päästöjä tai myrkkyjä. Lisäksi on kritisoitu, että menetelmä vetää rajan varsin keinotekoisesti ihmisen ja luonnon systeemien välille (Koskinen 2001). Voidaanko vetää tarkkaa rajaa siihen, milloin materiaali siirtyy pois luonnon systeemistä ihmisen systeemiin siirtyäkseen takaisin luonnon systeemiin?

Kuten tässä tutkimuksessa on todettu, tietojen kerääminen on ollut työlästä ja laskuissa on hyvin paljon jouduttu käyttämään arviota. Epävarmaa tietoa ei lopputuloksista näe. Samoin MIPS-kertoimien takana olevia lukuja on vaikea tarkistaa, koska luvut on laskettu eri tahoilla ja nekin sisältävät arvioita. Menetelmän vaatima työmäärä on suuri, joten laskelmien suorittamiselle on oltava todellista tarvetta. MIPS-laskujen kohteesta riippuen laskujen menestyksellinen suorittaminen vaatii merkittävän määrän asiantuntija-apua.

10.3 Ehdotukset jatkotutkimukselle

Tässä tutkimuksessa yleisten teiden luonnonvarojen kulutusta on arvioitu esimerkkihankkeiden kautta. Vaikka tielinjaukset on pyritty valitsemaan mahdollisimman edustavasti ja muun muassa todellisiin materiaalimenekkeihin on lisätty valtakunnallisia keskiarvoja (kuten pohjanrakennusmenetelmät), ovat linjaukset vain muutamien kilometrien mittaisia esimerkkejä koko 78 000 kilometrin laajuisesta yleisten teiden tieverkosta. Toinen tutkimustapa, jolla tätä tutkimusta olisi voitu tehdä, olisi ollut teiden materiaalimenekkiä tarkastelu erilaisten teiden poikkileikkausten kautta. Erilaisia poikkileikkaustyyppisiä voisivat olla esimerkiksi tielinjaus kallioleikkauksessa, savikolla, suon päällä ja harjulla. Tällöin voisi tutkia kyseisten rakennetyyppien materiaalimenekkiä ja arvioida niiden osuutta Suomen yleisten teiden tieverkosta.

Tässä tutkimuksessa lasketut tulokset saattavat hieman muuttua, kun allokointitapojen eri muuttujia herkistellään. Esimerkiksi keskimääräiset vuorokausiliikenteen luvut ovat valtakunnallisia keskiarvoja ja liikenteen jakautuminen eri ajoneuvoluokkien kesken on tässä tutkimuksessa omaa arviota erityisesti raskaan liikenteen osalta. Samoin väyläkustannusten jakautuminen tavaraliikenteen ajoneuvoluokkien kesken on tässä tutkimuksessa itse arvioitua tietoa, joten ajoneuvoluokkien välisiä suhteita varioimalla saataneen pientä vaihtelua MIPS-

lukuihin. Esimerkiksi puoliperävaunurekan abioottinen MIPS-luku väyläkustannusten mukaan laskettuna on moottoritiellä kenties liian korkea. Tähän vaikuttavat sekä puoliperävaunurekkojen arvioitu liikennemäärä sekä arvioitu osuus väyläkustannuksista.

Edellä esitettyjen MIPS-lukujen pohjalta voidaan esittää karkeita keskiarvoja siitä, mitä esimerkiksi henkilöautoliikenne kuluttaa luonnonvaroja, kun eri tieluokkien aiheuttamia eroavaisuuksia ei oteta huomioon. Tällöin henkilöautoliikenteessä MIPS-luvut olisivat henkilökilometriä kohden keskimäärin: 1,27 kg abioottisia luonnonvaroja, 0,11 kg bioottisia luonnonvaroja, 8,66 kg vettä ja 0,14 kg ilmaa. Kun keskiarvoa tarkastellaan esimerkiksi kuvan 28 esittämiin lukuihin, voidaan todeta, että karkeat keskiarvot eri allokointitavoista ja tieluokista eivät edusta todellisuutta. Yhdysteiden korkeat luvut nostavat kenties liikaa keskiarvoja. Jatkotutkimusten kannalta olisi kuitenkin tärkeää määrittää yhdet MIPS-luvut (abioottinen, bioottinen, vesi ja ilma) jokaiselle liikennemuodolle. MIPS-lukujen tulisi olla edustavia tieluokasta riippumatta. Jos keskiarvon haluaa laskea esimerkiksi tässä tutkimuksessa esitetyistä luvuista, tulee keskiarvoa kenties painottaa eri tieluokkien kokonaispituudella ja liikennemäärillä. Tällöin keskiarvot lienevät lähempänä totuutta kuin tämän tutkimuksen eri allokointitavoilla laskettujen lukujen keskiarvot.

On mielenkiintoista nähdä, mihin tarkoituksiin tutkimuksen tuloksia tullaan käyttämään. Tutkimus esittää yleisten teiden ja tieliikenteen liikuttamien luonnonvarojen määrän, mutta ei ota kantaa, ovatko luvut liian suuria tai mitkä toimenpiteet vähentäisivät materiaalmäärää. Tutkimustulosten avulla osataan jatkossa kiinnittää huomiota materiaalivirtojen kannalta olennaisiin tieliikenteen osa-alueisiin. Tuloksia voidaan vertailla FIN-MIPS Liikenne – hankkeen muiden osatutkimusten (raide-, laiva-, lento ja pyöräliikenne) tuloksiin ja saada uutta tietoa eri liikennemuotojen keskinäisistä suhteista.

Tutkijana olen vakuuttunut, että MIPS-menetelmä saa ympäristötutkimusten kentällä tilausta sen yksinkertaisuuden ja toisaalta tulosten vertailtavuuden vuoksi. Lisäksi menetelmä ottaa huomioon hyödykkeestä saatavan palvelun, jolloin MIPSiä voidaan pienentää paitsi materiaaleja vähentämällä, myös palvelukertoja nostamalla. Kuitenkaan en ole kaikista menetelmän periaatteista aivan vakuuttunut. Mielestäni kaikki liikutetut luonnonvarat eivät ole samanarvoisia toisiinsa nähden. Esimerkiksi asfaltille satavan sadeveden laskeminen on mielestäni liioiteltua. Vaikka vesi ei pääse imeytymään alkuperäiselle paikalleen, on syytä

pohtia, onko veden valuminen muutaman metrin päähän todella luonnon liikuttamista ja ovatko vaikutukset samat kuin veden käyttäminen ja mahdollinen saastuminen erinäisten raaka-aineiden valmistamisessa.

Vaikka tutkimus esittää lopputuloksina vaikuttavan määrän absoluuttisilta näyttäviä lukuja (taulukko 17), on ne nähtävä ennen kaikkea suuntaa-antavina lukuina. On muistettava, että luvut sisältävät todellisten tietojen ohella myös oletuksia ja mahdollisia virhearvioita. Suuresta työmäärästä huolimatta tulokset vaativat vielä allokointikysymysten osalta tarkennusta.

Tutkimuksessa luotiin MIPS-laskennan pohjaa eli uusia MI-kertoimia, joten jatkossa tutkimuksissa, joissa tieliikenteen MI-kertoimia käytetään, säästytään suurelta työmäärältä ja laskenta helpottuu huomattavasti.

KIITOKSET

Haluan esittää kiitokseni FIN-MIPS Liikenne –hankkeen koordinoijalle ekotehokkuuskonsultti Michael Lettenmeierille (SLL), hankkeen johtajalle tekniikan tohtori Arto Saarelle (TKK) ja kanssani ahertaneille muille tutkijoille kaikesta opastuksesta, rohkaisusta ja hyvistä kommentteista matkan varrella. Kiitos Tiehallinnon ja Tieliikelaitoksen väelle kaikesta tiedosta ja ajasta, joita olette tutkimuksen hyväksi antaneet. Suuri kiitos professorilleni Matti Tikkaselle vuosien opetuksesta ja tämän pro gradun ohjaamisesta. Lopuksi kiitokset puolisolleni Petterille kannustuksesta ja ajankäyttöni huolehtimisesta, ettei elämä ole pelkkää tutkimusta!

LÄHTEET

Aartolahti, Toive (1989). Suomen geomorfologia. *Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen opetusmonisteita*. 4. painos, 150 s.

Autio, Sakari & Michael Lettenmeier (2002). *Ekotehokkuus - Business as Future*. Yrityksen ekoteho-opas, Dipoli-raportit/ Dipoli-reports C. 80 s. Koulutuskeskus Dipoli, Espoo.

Brende, Børge (2004). Alkusanat. Teoksessa Starke, Linda (toim.). *Maailman tila 2004*, 13-14. Worldwatch Institute, Washington D.C.

Brodin, Mats <mats.brodin@scania.com> (2004). Scanian perävaunujen painoista. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 21.4.2004.

Ehrola, Esko (1996). *Liikenneväylien rakennesuunnittelun perusteet*. 365 s. Rakennustieto, Tampere.

Eskola, Paula & Ulla-Maija Mroueh, Eila Lehmus (2002). *Infra-alan elinkaaritarkastelut, kirjallisuuskatsaus*. 35 s. VTT Prosessit ja VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Espoo.

Flavin, Christopher (2004). Esipuhe. Teoksessa Starke, Linda (toim.). *Maailman tila 2004*, 15-18. Worldwatch Institute, Washington D.C.

Fogelberg, Paul (1974). Tieverkon luonnonmaantieteellinen tausta. Teoksessa Tie- ja vesirakennushallitus ja Suomen Tieyhdistys. *Suomen teiden historia I*, 9-34. Tie- ja vesirakennushallitus ja Suomen Tieyhdistys, Helsinki.

Goudie, Andrew (2001). *The nature of the environment*. 544 s. Blackwell Publishers Ltd, UK.

Hakkarainen, Elviira <elviira.hakkarainen@students.turkuamk.fi> (2004). FIN-MIPS Liikenne –hankeessa lasketut kevyen liikenteen MIPS-luvut. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 25.8.2004.

Hirvi, Pertti <pertti.hirvi@tiehallinto.fi> (2004). Seututie 582:n tierakenteesta ja tiedot maatoista. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 1.4.2004.

Hänninen, Salla (2004). Luonnonvarojen kulutus katurakentamisessa. Keskeneräinen diplomityö. Teknillisen korkeakoulun rakennus- ja ympäristötekniikan osasto, Espoo.

Ilmatieteen laitos (2004). Sadetilastoja ja ennätyksiä. 11.5.2004. >http://www.fmi.fi/saa/tilastot_8.html>.

Jokilehto, Jorma (2004a). Tampereen Tieliikelaitoksen maarakentamisen palveluyksikön projektipäällikkö. Haastattelu Tampereella 30.3.2004.

Jokilehto, Jorma <jorma.jokilehto@tieliikelaitos.fi> (2004b). Teiden toiminnallisesta iästä. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 12.5.2004.

Jortikka, Antti <antti.jortikka@tiehallinto.fi> (2004). Yhdystien liikennemäärät. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 9.6.2004.

Kallionpää, Tuomo (2004). Tiehallinnon keskushallinnon Teknisten palveluiden tieinsinööri. Haastattelu Helsingissä 16.4.2004.

Kauppa- ja teollisuusministeriö (1998). Ekotehokkuus ja factor –ajattelu. *Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmä- ja toimikuntaraportteja 1/1998*. 43 s. Edita, Helsinki.

Koskinen, Heli (2001). MIPS ja ekologinen selkäreppu tuotteiden potentiaalisten ympäristövaikutusten vertailun menetelminä –ongelmakohtien tarkastelu. 95 s. Julkaisematon pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopiston limnologian ja ympäristönsuojelutieteen laitos, Helsinki.

Kotilainen, Kari & Erja Mutanen (2004). Ekotehokkuutta tiemerkintöihin. *Tiennäyttäjä* 3/2004, 10-11.

Kuronen, Jari <jari.kuronen@tiehallinto.fi> (2004). Seututien liikennemäärät. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 11.6.2004.

Lappalainen, Heikki <heikki.lappalainen@tiehallinto.fi> (2004). Yleisten teiden talvihoito. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 14.5.2004.

Lehtonen, Kari <kari.lehtonen@tiehallinto.fi> (2004). Tierakenteen elinkaari. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 14.4.2004.

Mäenpää, Ilmo, Artti Juutinen, Kauko Puustinen, Jari Rintala, Helmi Risku-Norja, Sami Veijalainen & Mikko Viitanen (2000). *TMRFIN Suomen luonnonvarojen käytön tilastointijärjestelmä*. Ekotehokas Suomi –projekti. 52 s. Thule-instituutti, Oulu.

Petäjä, Sami & Harri Spoof (2001). *Päällysrakenteen elinkaarikustannusanalyysi*. Tien pohja- ja päällysrakenteet tutkimusohjelma 1994-2001. 43 s. VTT ja Tiehallinto, Helsinki.

Projectbüro MR-Ten (2000). Harjoitustyö Helsingin yliopiston opiskelijoille. Elinkaarianalyysi ja jätehuolto –kurssi. Helsingin yliopiston ympäristöekologian laitos, Lahti.

Prokkola, Reijo <Reijo.Prokkola@tiehallinto.fi> (2004). Keskimääräiset vuorokausiliikenteet ja sen jakautuminen eri ajoneuvoluokkiin. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 16.8.2004.

Puolakkainen, Antti <Antti.Puolakkainen@veho.fi> (2004). Pakettiauton materiaalitiedot. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 23.4.2004.

Päällystealan neuvottelukunta (1999). *Asfalttinormit 2000*. 74 s. PANK ry, VTT, Espoo.

Rakennustieto Oy (1998). *Rakentajain kalenteri 1999*. 1052 s. Rakennusmestarien keskusliitto RKL ja Rakennustietosäätiö, Helsinki.

Rakennustieto Oy (1999). *Rakentajain kalenteri 2000*. Osa I: käsikirja. 1006 s. Rakennusmestarien keskusliitto RKL ja Rakennustietosäätiö, Helsinki.

Rakennustieto Oy (2003). *Rakentajain kalenteri 2004*. 1088 s. Rakennusmestarien keskusliitto RKL ja Rakennustietosäätiö, Helsinki.

Ritthoff, Michael, Holger Rohn & Christa Liedtke (2002). *Calculating MIPS – Resource productivity of products and services*. 52 s. Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy at the Science Centre North Rhine-Westphalia, Germany.

Savo-Karjalan tiepiiri (1994). *Liikennenympäristön tila Pohjois-Karjalassa –Luonto ja kulttuuriympäristö*. 55 s. Savo-Karjalan tiepiiri, Tielaitos, Helsinki.

Savon suunnittelu Oy (1981). Piirustukset Kärnän sillasta Varpaisjärvellä.

Schmidt-Bleek, Friedrich (1994). *Wieviel Umwelt braucht der Mensch?: MIPS –das Mass für ökologisches Wirtschaften*. 302 s. Birkhäuser Verlag, Berlin.

Schmidt-Bleek, Friedrich (1998). *Das MIPS-Konzept: weniger Naturverbrauch –mehr Lebensqualität durch Faktor 10*. 320 s. Droemersch Verlaganstalt, München.

Schmidt-Bleek, Friedrich, Christopher Manstein & Gerhard Weihs (1999). Klagenfurt Innovation –Transnational Report, June 1999. 37 s. 22.4.2004. <<http://www.factor10-institute.org/pdf/Klagenfurt.pdf>>

Schmidt-Bleek, Friedrich (2000). *Luonnon uusi laskuoppi – ekotehokkuuden mittari MIPS*. 311 s. Gaudeamus, Helsinki. Toimitettu valikoiden alkuteoksista: *Wieviel Umwelt braucht der Mensch?: MIPS –das Mass für ökologisches Wirtschaften* (1994) ja *Das MIPS-Konzept: weniger Naturverbrauch –mehr Lebensqualität durch Faktor 10* (1998).

Schweimer, Georg W. & Marcel Levin (2004). Life cycle inventory for the Golf A4. 40 s. 22.4.2004. <http://www.volkswagen-environment.de/_download/sachbilanz_golf_a4_englisch.pdf>

Seppälä, Matti (1999). Geomorphological aspects of road construction in a cold environment, Finland. *Geomorphology* 31, 65-91.

Siltanylund Oy (1997). Sillan ominaistietokortti, Juuvinkosken silta, SK-541.

Sinivuori, Paula (2004). Kahden Helsingin yliopiston rakennuksen luonnonvarojen kulutuksen selvittäminen MIPS-laskennan avulla. 91 s. Julkaisematon pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopiston ympäristönsuojelutieteen laitos, Helsinki.

Suomen kuljetus ja logistiikka SKAL ry (2004). Tavara-autoja. 15.7.2004. <[www.skal.fi/uploads/Autojen%20nimitykset\(1\).ppt](http://www.skal.fi/uploads/Autojen%20nimitykset(1).ppt)>

Suutari, Ulla (1999). *Elinkaariarviointi logistiikassa*. Liikenne, logistiikka, yhdyskunnat. Tutkimusraportti 500/1999. 105 s. VTT Yhdyskuntatekniikka, Espoo.

Tampereen kauppakamari (2004). Kauppakamarin lehtiarkisto. Uusi moottoritie kääntää liikennevirtoja ja vahvistaa kasvua. 1.8.2004.

<http://www.tammistoknuutila.fi/kauppakamarilehti/Lehtiarkisto/97_2000/00_06/moottoritie.html>

Tie- ja vesirakennushallitus (1988). Piirustukset Välijoen sillasta Vesannolla.

Tiefakta 2004 (2004). 48 s. Tiehallinto, Helsinki.

Tiehallinto (2001). Hangontie avataan liikenteelle. 29.6.2004.

<<http://www.tiehallinto.fi/upiiri/tied/vt25av.htm>>

Tiehallinto (2002). *Kaiteet ja suistumisonnettomuuksien ehkäisy*. 14 s. Tiehallinto, Helsinki.

Tiehallinto (2004a). *Liikennemerkkien rakenne ja pystytys*. 36 s. Tiehallinto, Helsinki.

Tiehallinto (2004b). Tieliikenteen liikenne- ja henkilösuoritteet 1998-2003. Tiedote 11.2.2004. 5 s. Tiehallinto, Helsinki.

Tiehallinto (2004c). Tierekisteri –tietokanta. Tiehallinto, Helsinki.

Tiehallinto (2004d). Kelikamerakuva, Vt3, Kulju, Lakalaivan kuvauspiste 5.8.2004 klo 15.46. 6.8.2004. <http://www.tiehallinto.fi/alk/frames/kelikamerat_frame.html>

Tielaitos (1991a). *Tievalaistus*. Teiden suunnittelu V. Tiehen kuuluvat laitteet 1. 26 s. Tielaitos, Helsinki.

Tielaitos (1991b). *Tievalaistuksen käsikirja*. 240 s. Tielaitos, Helsinki.

Tielaitos (1996). *Tiemerkintätyöt*. 22 s. Tielaitos, Helsinki.

Tielaitos (1998a). *Kovat pintaverhoustyöt, sadevesikourut, reunatuet ja sorapinta*. 31 s. Tielaitos, Helsinki.

Tielaitos (1998b). Tammikosken paikallistien 14349 parantaminen välillä Tuuhonen-Tammikoski; Ruovesi, Vilppula. *Tiesuunnitelma ja rakennussuunnitelma*. Hämeen tiepiiri, Tielaitos, Helsinki.

Tielaitos (1999). *Luonnon monimuotoisuus ja tienpito*. 23 s. Tielaitos, Helsinki.

Tielaitos (2000a). *Tierakenteiden ympäristövaikutusten elinkaariarviointi, Meli-ohjelman koekäyttö esimerkkikohteilla 2000*. Työraportti. 31 s. Tielaitos, Helsinki.

Tielaitos (2000b). Vt 3 Hämeenlinna-Tampere moottoritie, tieosa Jutikkala-Kulju. *Toteutumaraportit ja loppuraportit*. Hämeen tiepiiri, Tielaitos, Helsinki.

Tielaitos (2000c). *Tieliikenteen tarkennettu kustannusvastaavuus yleisillä teillä*. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 27/2000. 65 s. Tiehallinto, Helsinki.

Tielaitos (2001). Valtatien 25 (kt53) Hanko-Mäntsälä parantaminen välillä Hanko-Skogby; Hanko, Tammisaari. *Tiesuunnitelman täydentäminen, kansiot 1 ja 2*. Uudenmaan tiepiiri, Tielaitos, Helsinki.

Tieliikelaitos (2003). Kuvapankki. 21.4.2003.
<<http://www.tieliikelaitos.fi/uutiskeskus/kuvapankki/default.asp>>

Tieliikenteen tavarankuljetustilasto 2003 (2004). 57 s. Tilastokeskus, Helsinki.

Tietilasto 2002 (2003). 79 s. Tiehallinto, Helsinki.

Tikkamäki, Janne <janne.tikkamaki@tieliikelaitos.fi> (2004). VT 25 Hanko-Skogby Tarjoushinta/ Työmaabudjetti 2001. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 20.6.2004.

Tikkanen, Matti (1999). Vuoristosta puolitasangoksi. Teoksessa Raento, Pauliina & John Westerholm (toim.). *Suomen kartasto*, 30-33. Suomen Maantieteellinen Seura, Helsinki.

Valkeisenmäki, Aarno (2004a). Tieliikelaitoksen Konsultoinnin projektipäällikkö. Materiaalien hukkatiedot. Haastattelu puhelimitse 3.2.2004.

Valkeisenmäki, Aarno <aarno.valkeisenmaki@tieliikelaitos.fi> (2004b). Pohjarakennusmenetelmien käyttö eri tieluokkaisilla teillä. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 24.6.2004.

Vihermaa, Leena (2004). Suomen raideliikenteen ekotehokkuus MIPS-laskentaa hyödyntäen. 152 s. Julkaisematon pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitos, Helsinki.

Volkswagen (2004). Volkswagen Golfin tekniset tiedot. 11.5.2004.
<[http://www.volkswagen.fi/vv-auto/VW2.nsf/ExternalFiles/tekniset-012004_Golf/\\$file/tekniset-012004_Golf.pdf](http://www.volkswagen.fi/vv-auto/VW2.nsf/ExternalFiles/tekniset-012004_Golf/$file/tekniset-012004_Golf.pdf)>.

Volvo (2004a). Environmental product declaration, Volvo FH12 and VOLVO FM12, Euro3. 19.3.2004.
<http://www.volvo.com/NR/rdonlyres/E8FD3F6B-B06B-4EBE-BA7D-A529AFE0BFD0/0/euro3_03.pdf>.

Volvo (2004b). Environmental product declaration, Volvo 8500 Low Entry. 12.5.2004.
<http://www.volvo.com/NR/rdonlyres/DE167EAB-4B76-4F34-8694-C011F6437FCB/0/epd_volvo_8500_low_entry.pdf>.

VTT (2004). LIPASTO 2002 –Liikenteen päästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä. Tieliikenteen polttoaineen kulutus. 20.7.2004. <<http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/index.htm>>.

Wahlström, Erik, Eeva-Liisa Hallanaro & Sanni Manninen (1996). *Suomen ympäristön tulevaisuus*. 272 s. Oy Edita Ab, Helsinki.

Wilson, Annika <annika.wilson@narko.com> (2004). Perävaunujen tietoja. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 18.5.2004.

Wuppertal Institute (2003). Material intensity of materials, fuels, transport services. 2.2.2004.
<http://www.wupperinst.org/Projekte/mipsonline/download/MIT_v2.pdf>

Yleiset tiet 1.1.2004 (2004). Tiehallinnon tilastoja 2/2004. 49 s. Tiehallinto, Helsinki.

LIITE 1

KÄYTETTYJÄ MI-KERTOIMIA

1. Wuppertal Institute (2003). Material intensity of materials, fuels, transport services. 2.2.2004.

http://www.wupperinst.org/Projekte/mipsonline/download/MIT_v2.pdf

materiaali	erittely	materiaali-kerroin (t/t)				
		abioottinen materiaali	bioottinen materiaali	vesi	ilma	
metallit						
alumiini	neitseellinen	37		1047,7	10,87	Eurooppa
	kierrätetty	0,85		30,7	0,948	Eurooppa
	keskiarvo	18,98		593,20	5,909	Eurooppa
lyijy	arvioitu	15,6				Eurooppa
kupari	50 % neitseellistä, 50 % kierrätettyä	179,07		236,39	1,16	maailma
	neitseellinen	348,47		367,2	1,603	maailma
	kierrätetty	2,38		85,5	1,319	maailma
platina		320 300		193 000	13 800	maailma
teräs	(rebar, wire rod, engineering steel; bl	8,14		63,7	0,444	maailma
	(hot rolled)	7,63		56	0,414	maailma
	(cold rolled)	8,51		74,8	0,492	maailma
	(plate, hot dipped galvanised, basic c	9,32		81,9	0,772	maailma
	sähköteräs, kierrätettyä terästä	1,47		58,8	0,519	maailma
ruostumaton teräs	18%Cr; 9%Ni	14,43		205,1	2,825	Saksa
perusmateriaalit						
vuorisuola	NaCl	1,24		2,3	0,020	Saksa
kalkki	(caustic lime, grinded)	3,23		14,7	0,120	Saksa
energia						
ruskhiili	Hu: 8,8 MJ/kg	9,68		9,2	0,023	Saksa
	ruskhiilen poltto				0,70	
kivihiili	Saksan tuonti, ka. Hu: 27,5 MJ/kg	2,11		9,1	0,50	Saksa
	kivihiilen poltto				2,20	
maakaasu	Hu: 41 MJ/kg	1,22		0,5	0,002	Saksa
	maakaasun poltto				3,60	
raakaöljy		1,22		4,3	0,008	Saksa
diesel	Hu: 42,8 MJ/kg	1,36		9,7	0,019	Saksa
	dieselin poltto				3,20	
polttoöljy	kevyt: Hu: 42,8 MJ/kg	1,36		9,4	0,019	Saksa
	lämmitysöljyn poltto				3,20	
sähkö	Euroopan OECD-maat, kg/kWh	1,58		63,8	0,425	Eurooppa
kemikaalit						
etyleeni glykoli		2,9		133,5	2,293	Eurooppa
rikkihappo	H2SO4	0,25		4,1	0,7	Saksa
muovit						
ABS		3,97		206,9	3,751	Eurooppa
polyetyleeni, PE	suuri tiheys (high density HD)	2,52		105,9	1,904	Eurooppa
polypropyleeni, PP	rakeinen (granulate)	2,09		35,8	1,482	Eurooppa
polyuretaani, PU	vaahdo (foam)	6,31		505,1	3,563	Eurooppa
polyvinyylikloridi, PVC	(suspended)	3,33		176,6	1,693	Eurooppa
kumi, SBR		5,7		146,0	1,650	Saksa
rakennusmateriaalit						
betoni	B25	1,33		3,4	0,04	Saksa
sementti	Portland -sementti	3,22		16,9	0,33	Saksa
pintalasi	(float glass)	2,95		11,6	0,74	Saksa
graniitti	laatta, murske, hiottu (slabs, grinded)	1,92		3,4	0,59	Saksa
muut						
mänty		0,86	5,51	10	0,13	Saksa
kuitulevy		1,96		32,9	0,48	Saksa
vesi						
juomavesi		0,01		1,3	0,001	Saksa

2. Vihermä, Leena (2004). Suomen raideliikenteen ekotehokkuus MIPS-laskentaa hyödyntäen. 152 s.

Julkaisematon pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitos, Helsinki.

materiaali	erittely	materiaali-kerroin (t/t)				
		abioottinen materiaali	bioottinen materiaali	vesi	ilma	

murskattu kiviaines					
murske (45 mm)	ei kuljetusta	1,000	0,002	0	Suomi
	sis. kuorma-autokuljetuksen 25 km	1,006	0,050	0,006	Suomi
murske (37 mm)	ei kuljetusta	1,050	0,001	0,000	Suomi
	sis. kuorma-autokuljetuksen 4 km	1,051	0,009	0,001	Suomi
murske (30 mm)	ei kuljetusta	1,050	0,002	0,001	Suomi
	sis. kuorma-autokuljetuksen 50 km	1,06	0,097	0,011	Suomi
murske (14 mm)	sis. kuorma-autokuljetuksen 50 km	1,06	0,098	0,011	Suomi
muut					
luonnonhiekka	ei kuljetusta	1	0,006	0,002	Suomi
* käytetty myös soralle ja humusmaalle	ios orgaanista ainetta	1,002	0,006	0,002	Suomi
	sis. kuorma-autokuljetuksen 4 km	1	0,013	0,003	Suomi
	10 km	1	0,03	0	Suomi
	50 km	1,01	0,11	0,01	Suomi
sähkö, FIN, Helsingin Energia	kg/kWh	0,63	30,53	0,37	Suomi

3. Wuppertal Institut seuraavan mukaan: Schmidt-Bleek, Friedrich, Christopher Manstein & Gerhard Weihs (1999). Klagenfurt Innovation –Transnational Report, June 1999. 37 s. 22.4.2004.
<<http://www.factor10-institute.org/pdf/Klagenfurt.pdf>>

materiaali	erittely	materiaali-kerroin (t/t)				
		abioottinen materiaali	bioottinen materiaali	vesi	ilma	
metallit						
messinki	neitseellinen	350				
raakarauta	neitseellinen	5,6				
muut						
seinämaali		2,2				
polyesterikuitu		3,6				

4. Projectbüro MR-Ten (2000). Harjoitustyö Helsingin yliopiston opiskelijoille. Elinkaarianalyysi ja jätehuolto –kurssi. Helsingin yliopiston ympäristöekologian laitos, Lahti.

materiaali	erittely	materiaali-kerroin (t/t)				
		abioottinen materiaali	bioottinen materiaali	vesi	ilma	
koneöljy		1,2				

5. C. Manstein seuraavan mukaan: Schmidt-Bleek, Friedrich, Christopher Manstein & Gerhard Weihs (1999). Klagenfurt Innovation –Transnational Report, June 1999. 37 s. 22.4.2004.
<<http://www.factor10-institute.org/pdf/Klagenfurt.pdf>>

materiaali	erittely	materiaali-kerroin (t/t)				
		abioottinen materiaali	bioottinen materiaali	vesi	ilma	
raakaöljy	42,6 MJ/ kg (käytetty)	2,3 (ei käytetty)				

6. Ritthoff, Michael, Holger Rohn & Christa Liedtke (2002). Calculating MIPS - Resource productivity of products and services. 52 s. Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy at the Science Centre North Rhine-Westphalia, Germany.

materiaali	erittely	materiaali-kerroin (t/t)				
		abioottinen materiaali	bioottinen materiaali	vesi	ilma	
vesivoima	t/MWh	0,13		0,1	0,005	
ydinvoima	t/MWh	0,31		79,5	0,005	

LIITE 2

HENKILÖAUTO

VW Golf A4 petrol

lähteet: Schweimer et al. (2004) ja Volkswagen (2004)

HENKILÖAUTON MATERIAALIKOOSTUMUS			MI (kg/kg)				MI			
MATERIAALI	kg	käytetty MI-arvo	abiioottinen	bioottinen	vesi	ilma	abiioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
runko:										
teräs ja rauta	634,391	teräs (cold rolled)	8,51		74,8	0,492	5 399		47 452	312
platina	0,002	platina	320 300		193 000	13 800	480		290	21
synteettiset aineet	167,465	polypropyleeni (granu	2,09		35,8	1,482	350		5 995	248
polttoaine, öljy, voiteluaineet	63,989	etyleeni glykoli (ethyle	2,9		133,5	2,293	186		8 543	147
kevyet metallit (pääasiassa Al)	5,183	alumiini (neitseellinen)	37		1047,7	10,87	192		5 430	56
kierrätettyä 90%	46,649	alumiini (kierrätetty)	0,85		30,7	0,948	40		1 432	44
renkaat ja kumi	44,124	kumi, SBR	5,70		146,0	1,650	252		6 442	73
lasi	30,095	lasi (float glass)	2,95		11,6	0,743	89		349	22
sähköosat, kaapelit	24,944	kupari (50% neitseelli	179,07		236,39	1,16	4 467		5 897	29
perusmetallit	19,430	lyijy, arvioitu	15,6				303			
eristeet	16,260	polyuretaani, PU	6,31		505,1	3,563	103		8 213	58
maalit	4,156	seinämaali	2,2				9			
muut	2,113	kuitulevy (ka. tiheys)	1,96		32,9	0,481	4		70	1

HENKILÖAUTON MATERIAALIT YHTEENSÄ:	1 059						11 872		90 112	1 011
---	--------------	--	--	--	--	--	---------------	--	---------------	--------------

VALMISTUS										
jättemateriaali:										
metalleja, pääasiassa terästä	300	teräs (cold rolled)	8,51		74,8	0,492	2 553		22 440	148
energia:										
ruskahiili (brown coal): 1,93 GJ	219	ruskahiili	9,68		9,2	0,723	2 120		2 015	158
kivihiili (hard coal): 7,83 GJ	285	kivihiili (German impo	2,11		9,1	2,7	601		2 594	770
maakaasu (natural gas): 14,5 GJ	354	maakaasu (Germany)	1,22		0,5	3,602	432		177	1 275
raakaöljy (crude oil): 4,29 GJ	101	raakaöljy	1,22		4,3	3,008	123		434	304
uraani (uranium): 7,64 GJ	2124 kWh	ydinvoima (kg/kWh)	0,31		79,5	0,005	658		168 858	11
vesivoima (1,36 GJ) laskettu alle veden kulutuksena										
vedenkulutus:										
vettä (n.35 m3)	35 000	juomavesi	0,01		1,3	0,001	350		45 500	35

VALMISTUS YHTEENSÄ:							6 838		242 018	2 700
----------------------------	--	--	--	--	--	--	--------------	--	----------------	--------------

KÄYTTÖ, YLLÄPITO								
lähteen tiedot 10 vuodelle (150 000 km):								
auton pesu (8 m3 per 10v.)	8 000	juomavesi	0,01	1,3	0,001	80	10 400	8
varaosat: renkaat, kumit	64	kumi, SBR	5,70	146,0	1,650	364	9 326	105
polttoainetta (9825 l per 10 v.)	7172	diesel	1,36	9,7	3,219	9 754	69 568	23 087
kulutus 8 lisävuodelle:								
polttoainetta (7860 l per 8 v.)	5 738	diesel	1,36	9,7	3,219	7 804	55 659	18 471
vettä	6 400	juomavesi	0,01	1,3	0,001	64	8 320	6
renkaat, kumit	51	kumi, SBR	5,70	146,0	1,650	291	7 461	84
KÄYTTÖ YHTEENSÄ:						18 357	160 734	41 761
POISTO								
energia:								
ruskoshiili (brown coal): 0,35 GJ	4	ruskoshiili	9,68	9,2	0,723	39	37	3
kivishiili (hard coal): 1,33 GJ	48	kivishiili (German impo	2,11	9,1	2,7	101	437	130
maakaasu (natural gas): 5,11 GJ	125	maakaasu (Germany)	1,22	0,5	3,602	153	63	450
raakaöljy (crude oil)	370	raakaöljy	1,22	4,3	3,008	451	1 591	1 113
uraani (uranium): 1,19 GJ	331 kWh	ydinvoima (kg/kWh)	0,31	79,5	0,005	103	26 315	2
vesivoima (0,25 GJ) laskettu veden kulutuksena								
vedenkulutus:								
vettä (9 m3)	9 000	juomavesi	0,01	1,3	0,001	90	11 700	9
POISTO YHTEENSÄ:						937	40 142	1 706
HENKILÖAUTON VALMISTUS, KULUTUS, POISTO (18 v./ 270 000 km)								
YHTEENSÄ:						26 131	442 893	46 168
KOKO HENKILÖAUTON MATERIAALIT, VALMISTUS, KULUTUS JA POISTO								
YHTEENSÄ:						38 003	533 005	47 179

HUOMIOITAVAA laskusta:

- * Rungon platinan osuus on lisätty itse, koska alkuperäisessä lähteessä ei ollut mainintaa katalysaattorin platinasta.
- * Tuotannon jättemateriaalien osuus on arvioitu itse Schweimer et al. (2004) -lähteen sivun 10 kaavion perusteella ja tuotannon vedenkulutus on samasta lähteestä sivulta 11.
- * Poiston vedenkulutus on oma oletus: Schweimer & Levin (2004) -lähteen s.31 mainittu muu veden kulutus voisi olla poistoa.
- * Raakaöljyä on käytetty koko käytön ja poiston aikana 325 GJ. Luku on käytön osalle laskettu polttoaineena eli bensiininä ja loput laskettu poistoon.
- * Alkuperäisessä lähteessä tiedot on laskettu 10 vuodelle, mutta tässä lisätty 8 lisävuotta, koska Suomessa auton elinikä on n. 18 v.
- * Polttoaineena käytetty dieselin kerrointa, koska bensiinille ei ole tällä hetkellä olemassa sopivaa kerrointa.

LIITE 3

LINJA-AUTO

Volvo 8500 Low Entry

lähde: Volvo (2004b)

LINJA-AUTON MATERIAALIKOOSTUMUS			MI (kg/kg)				MI			
MATERIAALI	kg	käytetty MI-arvo	abioottinen	bioottinen	vesi	ilma	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
takorauta	251	raakarauta (neitseellinen)	5,6				1 406			
takorauta	251	sähköteräs (kierrätetty)	1,47		58,8	0,519	369		14 759	130
valurauta	30,87	raakarauta (neitseellinen)	5,6				173			
valurauta	998,13	sähköteräs (kierrätetty)	1,47		58,8	0,519	1 467		58 690	518
teräs (rod)	2 408	teräs (rebar, wire rod)	8,14		63,7	0,444	19 601		153 390	1 069
teräs (hot-rolled)	1 590	teräs (hot rolled)	7,63		56	0,414	12 132		89 040	658
teräs (cold-rolled)	568	teräs (cold rolled)	8,51		74,8	0,492	4 834		42 486	279
alumiini	166,6	alumiini (neitseellinen)	37		1047,7	10,87	6 164		174 547	1 811
alumiini	1499,4	alumiini (kierrätetty)	0,85		30,7	0,948	1 274		46 032	1 421
lyijy	45	lyijy (arvioitu, neitseellinen)	15,6				702			
lyijy	45	lyijy (kierrätetty)								
kupari	65,4	kupari (neitseellinen)	348,47		367,2	1,603	22 790		24 015	105
kupari	43,6	kupari (kierrätetty)	2,38		85,5	1,319	104		3 728	58
messinki, pronssi	0,42	messinki (neitseellinen)	350				147			
messinki, pronssi	2,58	messinki (kierrätetty)								
ruostumaton teräs	634,8	ruostumaton teräs (18%)	14,43		205,1	2,825	9 160		130 197	1 793
ruostumaton teräs	55,2	sähköteräs (kierrätetty)	1,47		58,8	0,519	81		3 246	29
muovit (thermoplastics, rein)	553	ABS	3,97		206,9	3,751	2 195		114 416	2 074
kumi	405	kumi, SBR	5,70		146,0	1,650	2 309		59 130	668
lasi	490	lasi (float glass)	2,95		11,6	0,743	1 446		5 684	364
tekstiilit, muut kuidut	23	polyesterikuitu	3,6				83			
maali	30	seinämaali	2,2				66			
öljy, voiteluaineet	78	koneöljy	1,2				94			
rikkihappo (sulphuric acid (H2SO4	34	H2SO4	0,25		4,1	0,7	9		139	24
bitumi	54	kevyt polttoöljy	1,36		9,4	0,019	73		508	1
puu	396	kuitulevy (ka. tiheys)	1,96		32,9	0,481	776		13 028	190
glykoli	26	etyleeni glykoli (ethyle	2,9		133,5	2,293	75		3 471	60
muut materiaalit	182	kupari (kierrätetty)	2,38		85,5	1,319	433		15 561	240
LINJA-AUTON MATERIAALIT YHTEENSÄ			10 926				87 962		952 066	11 493

VALMISTUS								
jättemateriaali:								
vaaraton ja vaarallinen jäte,								
käsitelty, yhteensä	1 385	teräs (rebar, wire rod,	8,14	63,7	0,444	11 274	88 225	615
energia:								
sähkö, uusiutumaton (15 MWh) ja uusiutuva (8 MWh)								
yhteensä 23 000 kWh		sähkö, Euroopan OEC	1,58	63,8	0,425	36 340	1 467 400	9 775
muu uusiutuva energia, 1 000 kWh		vesivoima (kg/kWh)	0,13	0,1	0,005	130	100	5
muu uusiutumaton energia,	9 307	maakaasu (Germany)	1,22	0,5	3,602	11 355	4 654	33 524
vedenkulutus:								
vesi, 211 m3	211 000	juomavesi	0,01	1,3	0,001	2 110	274 300	211
VALMISTUS YHTEENSÄ:						61 208	1 834 678	44 130
KÄYTTÖ, YLLÄPITO								
energia:								
polttoaine, fuel, 24 l/100 km								
elink. aikainen kulutus (199 200	diesel	1,36	9,7	3,219	270 912	1 932 240	641 225
muu uusiutumaton energia,	5 268	maakaasu (Germany)	1,22	0,5	3,602	6 427	2 634	18 975
sähkö, uusiutumaton (1 MWh)		sähkö, Euroopan OEC	1,58	63,8	0,425	1 580	63 800	425
materiaalit:								
materiaaleja (3 400 kg)								
renkaat, kumit	2 100	kumi, SBR	5,70	146,0	1,650	11 970	306 600	3 465
synteettiset aineet	500	polypropyleeni (granul	2,09	35,8	1,482	1 045	17 900	741
öljyt	800	etyleeni glykoli (ethyle	2,9	133,5	2,293	2 320	106 800	1 834
vedenkulutus:								
vettä, 69 m3	69 000	juomavesi	0,01	1,3	0,001	690	89 700	69
KÄYTTÖ YHTEENSÄ:						294 944	2 519 674	666 735
POISTO								
energia:								
sähkö, uusiutumaton (1 MWh) ja uusiutuva (1 MWh)								
yhteensä 2 000 kWh		sähkö, Euroopan OEC	1,58	63,8	0,425	3 160	127 600	850
POISTO YHTEENSÄ:						3 160	127 600	850

LINJA-AUTON VALMISTUS, KULUTUS JA POISTO			
YHTEENSÄ:	359 312	4 481 952	711 714

KOKO LINJA-AUTON MATERIAALIT, VALMISTUS, KULUTUS JA POISTO			
YHTEENSÄ	447 275	5 434 018	723 208

HUOMIOITAVAA laskusta:

- * Korin materiaalien kierrätys-osuus on suuri ja materiaalit on laskettu vain niiden kierrätettyjen materiaalien osalta, joilla on oma MI-kerroin.
- * Korin materiaaleissa "muut materiaalit" on laskettu kuparin arvoilla, vaikka voisi olla muitakin materiaalia.
- * "Muu uusiutumaton energia" laskettu maakaasun luvulla, vaikka voisi olla muitakin energiaa.
- * Polttoaineen kulutus oli lähteen mukaan 30 l / 100 km, mutta maantieajossa kulutus n. 24 l / 100 km (VTT 2004).
- * Käytön aikaiset materiaalimenekit, kuten kumit, on arvioitu itse.
- * Bitumille ei ole omaa kerrointa, siksi kerroin on kevyen polttoöljyn kerroin, joka Wuppertal-instituutin mukaan vastaa lähimmin bitumia.
- * Lähteen jäteluvuista on huomioitu vain käsitelty jäte, koska läjitettävät jätteet lienevät lähteen LCA-tarkastelun omia laskelmia. Voidaan olettaa, että linja-auton korin materiaaleissa tuskin on suuria määriä läjitettäviä materiaaleja.

LIITE 4

PAKETTIAUTO

Mercedes Benz Sprinter

lähde: Puolakkainen (2004)

PAKETTIAUTON MATERIAALIKOOSTUMUS			MI (kg/kg)				MI			
MATERIAALI	kg	käytetty MI-arvo	abioottinen	bioottinen	vesi	ilma	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
runko:										
teräs, rauta (77,1 %)	1 542	teräs (plate, hot dipped	9,32		81,9	0,772	14 371		126 290	1 190
muut metallit, NE-metallit (3,8 %)	76	alumiini (neitseellinen)	37		1047,7	10,87	2 812		79 625	826
muovit (3,6 %)	72	polypropyleeni (granula	2,09		35,8	1,482	150		2 578	107
muovit, kierrätettävät mukaan lukien	88	ABS	3,97		206,9	3,751	349		18 207	330
lasi (2,2 %)	44	lasi (float glass)	2,95		11,6	0,743	130		510	33
nesteet (4,1 %)	82	etyleeni glykoli (ethylen	2,9		133,5	2,293	238		10 947	188
renkaat (2,8 %)	56	kumi, SBR	5,70		146,0	1,650	319		8 176	92
muut (1,9 %)	38	kupari (kierrätetty)	2,38		85,5	1,319	90		3 249	50
PAKETTIAUTON MATERIAALIT										
YHTEENSÄ:	1 998						18 461		249 582	2 817
Jos oletetaan, että pakettiauton valmistus ja poisto n.1,5 kertainen henkilöautoon nähden:										
VALMISTUS YHTEENSÄ:	(1,5-kertaiset tiedot henkilöauton luvuista)						10 257		363 027	4 050
KÄYTTÖ, YLLÄPITO										
auton pesu	14 400	juomavesi	0,01		1,3	0,001	144		18 720	14
varaosat	115	kumi, SBR	5,70		146,0	1,650	656		16 790	190
polttoaine (8,7 l / 100 km)	28 900	diesel	1,36		9,7	3,219	39 304		280 330	93 029
KÄYTTÖ YHTEENSÄ:							40 104		315 840	93 233
POISTO YHTEENSÄ:	(1,5-kertaiset tiedot henkilöauton luvuista)						1 406		60 213	2 559
PAKETTIAUTON VALMISTUS, KULUTUS, POISTO										
YHTEENSÄ:							51 766		739 080	99 842
KOKO PAKETTIAUTON MATERIAALIT, VALMISTUS, KULUTUS JA POISTO										
YHTEENSÄ:							70 227		988 662	102 659

HUOMIOITAVAA laskuista:

* Käytön aikaiset kulutukset on arvioitu henkilöautotietojen pohjalta kuten veden kulutus ja varaosat.

* Polttoaineen kulutus on LIPASTO:sta (VTT 2004), jolloin 50%-n kuormalla kulutus maantieajossa on 8,7 l / 100 km.

LIITE 5

KEVYT KUORMA-AUTO

tietoja ei ollut saatavilla, joten lasku perustuu muista ajoneuvoista arvioituihin laskuihin!

KEVYEN KUORMA-AUTON MATERIAALIKOOSTUMUS			MI (kg/kg)				MI			
MATERIAALI	kg	käytetty MI-arvo	abioottinen	bioottinen	vesi	ilma	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
nokkaosa:	arvio painoksi 5 000 kg									
(luvat arvioitu rekan veto-osasta)										
rauta ja teräs (n. 78 % pain	1 944	teräs (hot rolled)	7,63		56	0,414	14 833		108 864	805
	1 944	sähköteräs (kierrä	1,47		58,8	0,519	2 858		114 307	1 009
alumiini (n. 3 %)	150	alumiini (kierrätetty	0,85		30,7	0,948	128		4 605	142
lyijy (n. 1,4 %)	70	lyijy (arvioitu, neits	15,6				1 092			
kupari, messinki (n. 0,3 %)	15	kupari (kierrätetty)	2,38		85,5	1,319	36		1 283	20
muovi (n. 6 %)	300	ABS	3,97		206,9	3,751	1 191		62 070	1 125
kumi (n. 7 %)	350	kumi, SBR	5,70		146,0	1,650	1 995		51 100	578
lasi (n. 1 %)	50	lasi (float glass)	2,95		11,6	0,743	148		580	37
nesteeet (n. 1 %)	50	etyleeni glykoli (et	2,9		133,5	2,293	145		6 675	115
muut ; tekstiilit, muut kuidut	115	polyesterikuitu	3,6				414			
vaunu:	arvio painoksi 5 000 kg									
(luvat arvioitu rekan pienestä vaunusta)										
teräs (n. 70 %)	3 500	teräs (hot rolled)	7,63		56	0,414	26 705		196 000	1 449
muovi (n. 2 %)	100	PVC	3,33		176,6	1,693	333		17 660	169
kumi (n. 10 %)	500	kumi, SBR	5,70		146,0	1,650	2 850		73 000	825
puu (n. 11 %)	550	kuitulevy (ka. tihey	1,96		32,9	0,481	1 078		18 095	265
alumiini (n. 7 %)	350	alumiini (neitseelli	37		1047,7	10,87	12 950		366 695	3 805
KEVYEN KUORMA-AUTON MATERIAALIT										
YHTEENSÄ:	9 988						66 754		1 020 934	10 343
VALMISTUS										
veto-osa (arvioitu rekan veto-osasta)							52 044		1 291 715	22 824
vaunu (arvioitu pienen vaunun tiedoista)							8 694		108 725	1 033
VALMISTUS YHTEENSÄ:							60 738		1 400 440	23 857
KÄYTTÖ, YLLÄPITO			(arvioitu henkilöauton ja pakettiauton tiedoista)							
auton pesu	20 000	juomavesi	0,01		1,3	0,001	200		26 000	20
varaosat	300	kumi, SBR	5,70		146,0	1,650	1 710		43 800	495
polttoaine (16 l / 100 km)	132 800	diesel	1,36		9,7	3,219	180 608		1 288 160	427 483

KÄYTTÖ YHTEENSÄ:	182 518	1 357 960	427 998
POISTO			
nokka-osa (arvioitu rekan veto-osan tiedoista)	1 300	67 857	321
vaunu (arvioitu pienen vaunun laskuista)	532	26 363	309
POISTO YHTEENSÄ:	1 832	94 220	630
KEVYEN KUORMA-AUTON VALMISTUS, KULUTUS, POISTO YHTEENSÄ:	245 088	2 852 620	452 485
KEVYEN KUORMA-AUTON MATERIAALIT, VALMISTUS, KULUTUS, POISTO YHTEENSÄ:	311 843	3 873 554	462 828

HUOMIOITAVAA laskusta:

* Koko lasku perustuu muihin laskuihin! Ei todellista valmistajan tietoa!

* Polttoaineen kulutus laskettu LIPASTON luvuista, jossa 50 % kuormalla pinempi kuorma-auto kuluttaa n. 12 l / 100 km ja isompi 20 l / 100 km (VTT 2004).

* Kevyen kuorma-auton elinkaareksi on laskettu rekkojen tavoin 1 000 000 km.

LIITE 6

PUOLIPERÄVAUNUREKKA JA TÄYSPERÄVAUNUREKKA

Volvo FH 12 -veto-osa ja arvioidut perävaunut

lähteet: Volvo (2004a), Wilson (2004) ja Brodin (2004)

KUORMA-AUTON VETO-OSAN MATERIAALIKOOSTUMUS			MI (kg/kg)				MI			
MATERIAALI	kg	käytetty MI-arvo	abioottinen	bioottinen	vesi	ilma	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
runko:										
takorauta	598	raakarauta (neitseellinen)	5,6				3 349			
takorauta	598	sähköteräs (kierrätetty)	1,47		58,8	0,519	879		35 162	310
valurauta	44,34	raakarauta (neitseellinen)	5,6				248			
valurauta	1 433,66	sähköteräs (kierrätetty)	1,47		58,8	0,519	2 107		84 299	744
teräs (rod)	198	teräs (rebar, wire rod,)	8,14		63,7	0,444	1 612		12 613	88
teräs (hot-rolled)	1 645	teräs (hot rolled)	7,63		56	0,414	12 551		92 120	681
teräs (cold-rolled)	925	teräs (cold rolled)	8,51		74,8	0,492	7 872		69 190	455
alumiini	20,1	alumiini (neitseellinen)	37		1 047,70	10,87	744		21 059	218
alumiini	180,9	alumiini (kierrätetty)	0,85		30,7	0,948	154		5 554	171
lyijy	47,5	lyijy (arvioitu, neitseellinen)	15,6				741			
lyijy	47,5	lyijy (kierrätetty)								
kupari	8,4	kupari (neitseellinen)	348,47		367,2	1,603	2 927		3 084	13
kupari	5,6	kupari (kierrätetty)	2,38		85,5	1,319	13		479	7
messinki, pronssi	1,26	messinki (neitseellinen)	350				441			
messinki, pronssi	7,74	messinki (kierrätetty)								
ruostumaton teräs	3	ruostumaton teräs (18)	14,43		205,1	2,825	43		615	8
ruostumaton teräs	12	sähköteräs (kierrätetty)	1,47		58,8	0,519	18		706	6
muovit (thermoplastics, reinforced)	419	ABS	3,97		206,9	3,751	1 663		86 691	1 572
kumi	459	kumi, SBR	5,70		146,0	1,650	2 616		67 014	757
lasi	60	lasi (float glass)	2,95		11,6	0,743	177		696	45
tekstiilit, muut kuidut	57	polyesterikuitu	3,6				205			
maali	13	seinämaali	2,2				29			
jarrupalat	22	teräs (hot rolled)	7,63		56	0,414	168		1 232	9
öljy, voiteluaineet	62	koneöljy	1,2				74			
sähköosat	56	kupari (kierrätetty)	2,38		85,5	1,319	133		4 788	74
rikkihappo (sulphuric acid (batteries))	36	H2SO4	0,25		4,1	0,7	9		148	25
bitumi	6	kevyt polttoöljy	1,36		9,4	0,019	8		56	0
puu	11	kuitulevy (ka. tiheys)	1,96		32,9	0,481	22		362	5
glykoli	17	etyleeni glykoli (ethyleeni glykoli)	2,9		133,5	2,293	49		2 270	39
etanoli	4	etyleeni glykoli (ethyleeni glykoli)	2,9		133,5	2,293	12		534	9

KUORMA-AUTON VETO-OSAN MATERIAALIT									
YHTEENSÄ:		6 998				38 865		488 671	5 239
VALMISTUS									
jättemateriaali:									
vaaraton ja vaarallinen jäte, käsitely, yhteensä	4 136	teräs (hot rolled)	7,63	56	0,414	31 558		231 616	1 712
energia:									
sähkö, uusiutumaton (13 MWh) ja uusiutuva (7 MWh) yhteensä 20 000 kWh		sähkö, Euroopan OECD keskimääräinen	1,58	63,8	0,425	31 600		1 276 000	8 500
muu uusiutuva energia, 1 000 kWh		vesivoima (kg/kWh)	0,13	0,1	0,005	130		100	5
muu uusiutumaton energia, 5 971 kWh		maakaasu (Germany)	1,22	0,5	3,602	7 285		2 986	21 508
vedenkulutus:									
vesi, 229 m3	229 000	juomavesi	0,01	1,3	0,001	2 290		297 700	229
VALMISTUS YHTEENSÄ:						72 862		1 808 402	31 954
KÄYTTÖ, YLLÄPITO									
energia:									
polttoaine, fuel, 31 l/100 km elink. aikainen kulutus (257 300 l)	257 300	diesel	1,36	9,7	3,219	349 928		2 495 810	828 249
muu uusiutumaton energia, 527 kWh	527	maakaasu (Germany)	1,22	0,5	3,602	643		264	1 898
materiaalit:									
materiaaleja (2 226 kg)									
renkaat, kumit	1500	kumi, SBR	5,70	146,0	1,650	8 550		219 000	2 475
synteettiset aineet	200	polypropyleeni (granula)	2,09	35,8	1,482	418		7 160	296
öljyt	526	etyleeni glykoli (ethyleeni)	2,9	133,5	2,293	1 525		70 221	1 206
vedenkulutus:									
vesi, 11 m3	11 000	juomavesi	0,01	1,3	0,001	110		14 300	11
KÄYTTÖ YHTEENSÄ:						361 174		2 806 755	834 135
POISTO									
energia:									
sähkö, uusiutumaton, 1 000 kWh		sähkö, Euroopan OECD keskimääräinen	1,58	63,8	0,425	1 580		63 800	425
vedenkulutus:									
vesi, 24 m3	24 000	juomavesi	0,01	1,3	0,001	240		31 200	24
POISTO YHTEENSÄ:						1 820		95 000	449

KUORMA-AUTON VETO-OSAN VALMISTUS, KULUTUS JA POISTO			
YHTEENSÄ:	435 857	4 710 156	866 538

KOKO KUORMA-AUTON VETO-OSAN MATERIAALIT, VALMISTUS, KULUTUS JA POISTO			
YHTEENSÄ:	474 722	5 198 827	871 778

PIENEMPI PERÄVAUNU (paino n. 6 000 kg)

PERÄVAUNUN MATERIAALIKOOSTUMUS (Oy Närkö Ab/ Wilson)				MI (kg/kg)				MI			
MATERIAALI	kg	käytetty MI-arvo		abioottinen	bioottinen	vesi	ilma	abioottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
runko:											
teräs	4 000	teräs (hot rolled)		7,63		56	0,414	30 520		224 000	1 656
PVC-muovi	100	PVC		3,33		176,6	1,693	333		17 660	169
kumi	600	kumi, SBR		5,70		146,0	1,650	3 420		87 600	990
puu	650	kuitulevy (ka. tiheys)		1,96		32,9	0,481	1 274		21 385	313
alumiini	400	alumiini (neitseellinen)		37		1 047,7	10,87	14 800		419 080	4 348
maali	17	seinämaali		2,2				37			
akselit ja renkaat (oma arvio):											
teräs	800	teräs (hot rolled)		7,63		56	0,414	6 104		44 800	331
renkaat	500	kumi, SBR		5,70		146,0	1,650	2 850		73 000	825
PERÄVAUNUN RUNGON MATERIAALIT YHTEENSÄ:								59 338		887 525	8 632
valmistus:											
sähkö (2 000 kWh)		sähkö, FIN, Helsingin		0,63		30,53	0,37	1 260		61 060	740
vesi (1,7 m3)	1 700	juomavesi		0,01		1,3	0,001	17		2 210	2
jätteet	1 200	teräs (hot rolled)		7,63		56	0,414	9 156		67 200	497
VALMISTUS YHTEENSÄ:								10 433		130 470	1 239
poisto (arvio: puolet valmistuksen luvuista):											
sähkö (1 000 kWh)		sähkö, FIN, Helsingin		0,63		30,53	0,37	630		30 530	370
vesi (0,85 m3)	850	juomavesi		0,01		1,3	0,001	9		1 105	1
POISTO YHTEENSÄ:								639		31 635	371
KOKO PERÄVAUNUN MATERIAALIT, VALMISTUS, KULUTUS JA POISTO											
YHTEENSÄ:								70 410		1 049 630	10 242

ISOMPI PERÄVAUNU (paino n. 9 000 kg)

PERÄVAUNUN MATERIAALIKOOSTUMUS (painotieto: Oy Scania Ab/ Brodin)			
materiaalit laskettu 1,5-kertaisena Oy Närkö Ab:n perävaunun tiedoista			
PERÄVAUNUN RUNGON MATERIAALIT YHTEENSÄ:	89 008	1 331 288	12 948
VALMISTUS YHTEENSÄ:	15 650	195 705	1 858
POISTO YHTEENSÄ:	958	47 453	556
KOKO PERÄVAUNUN MATERIAALIT, VALMISTUS, KULUTUS JA POISTO YHTEENSÄ:	105 615	1 574 445	15 362

HUOMIOITAVAA laskusta:**veto-osasta:**

- * Veto-osan materiaaleista on lähteen mukaan kierrätettyä materiaalia 33%.
- * Kierrätysluvut on laskettu vain niiden materiaalien osalta, joista on olemassa kierrätetyn materiaalin MI-kerroin.
- * "Muu uusiutumaton energia" on tässä laskettu maakaasun kertoimella, vaikka se voi toki olla muutakin.
- * Käytön aikainen materiaalinkulutus on omaa arviota.
- * Lähteen jäte-luvuista on huomioitu vain käsitelty jäte, koska läjitettävät jätteet lienevät LCA-tarkastelun omia laskelmia. Voidaan olettaa, että kuorma-auton veto-osan materiaaleissa tuskin on suuria määriä läjitettäviä materiaaleja.
- * Bitumille ei ole omaa kerrointa, siksi kerroin on kevyen polttoöljyn kerroin, joka Wuppertal-instituutin mukaan vastaa lähimmin bitumia.

perävaunuista:

- * Materiaalitiedot ja valmistuksen tiedot ovat Oy Närkö Ab:sta (Wilson 2004). Poiston tiedot on arvioitu itse!
- * Myös vaunun alapuoliset akselit, teli, renkaat on arvioitu itse.
- * Scanian isomman perävaunun materiaalitiedot on arvioitu Närkon tietojen perusteella. Scaniaalta saatiin tieto keskikokoisen vaunun painosta (Brodin 2004).
- * Puoliperävaunurekan vaunun tiedot on laskettu 1 x iso vaunu ja täysperävaunurekan vaunuiksi 1 x pieni vaunu + 1 x iso vaunu.
- * Vaunujen valmistuksen jätteiksi on arvioitu 20 %vaunun painosta. Materiaaliksi on arvioitu teräs.

LIITE 7

Tammikosken paikallistie eli YHDYSTIE 14349, Ruoveden ja Vilppulan kunnan alueella, tien pituus: 8, 860 km, päällysteen leveys 7,1 m.

* perusparantamatonta soratietä vuoteen 1999, vuonna 1999-2001 tietä perusparannettiin ja poistettiin routakohoumat, maakivet ja muut vauriot, suuntausta parannettiin 131 m ja tien tasausta parannettiin 860 m ja samalla tie sai PAB-päällysteen.

YHDYSTIEHEN KÄYTETTYJÄ MATERIAALEJA			MI (t/t)							MI/tiemetri			
TYÖMÄÄRÄT	ilmoitettu määrä	lähde	t/ koko tie	t/ m tietä	käytetty MI-arvo	abiottinen	bioottinen	vesi	ilma	abiottinen (t)	bioottinen (t)	vesi (t)	ilma (t)
tien parantaminen v. 2001													
pintamaan poisto	35 000 m2	A	9 100	1,027	luonnon hiekka, sis 4 km:n kulj		1,003	0,013	0,003		1,030	0,014	0,003
maakivien poisto	n. 800 kpl	A											
maaleikkaus, massat penkereeseen	4 200 m3ktr	A	8 400	0,948	luonnonhiekka	1,002		0,006	0,002	0,950		0,006	0,002
avo-ojat, massat luiskiin ja verhouk	9 000 m3ktr	A	11 700	1,321	luonnonhiekka	1,002		0,006	0,002	1,323		0,008	0,003
kallioleikkaus, massat penkereeseen	950 m3ktr	A	2 518	0,284	murske (45 mm)	1,000		0,002	0,001	0,284		0,001	0,000
kanaalit kalliossa	50 m3ktr	A											
jakava kerros, massanvaihdon täyt	33 500 m3ktr	A	60 300	6,806	luonnonhiekka, sis	1,014		0,109	0,014	6,901		0,742	0,095
suodatinkankaat (3 kl)	69 100 m2	A	9	0,001	polypropyleeni (gr	2,09		35,8	1,482	0,002		0,036	0,002
kantava kerros	7 300 m3tr	A	13 140	1,483	murske (30 mm), s	1,061		0,097	0,011	1,574		0,144	0,016
päällyste (PAB)	62 020 m2	A, B											
murske (11-16 mm)			4 748	0,536	murske (14 mm), s	1,061		0,098	0,011	0,569		0,053	0,006
bitumi (4,3 massa-%)			213	0,024	kevyt polttoöljy	1,36		9,4	0,019	0,033		0,226	0,000
päätierummut ja liittymärummut	678 m	A, C	396	0,045	betoni	1,33		3,4	0,044	0,059		0,152	0,002
liikennemerkkit (väistämisvelvollisuu	6 kpl	A, D											
teräs			0	0,000	ruostumaton teräs	14,43		205,1	2,825	0,000		0,002	0,000
soratie ennen perusparannusta, oma arvio													
pintamaan poistoa	124 040 m2		32 250	3,640	luonnonhiekka, sis 4 km:n kulje		1,003	0,013	0,003		3,651	0,048	0,011
tilavuus tielle (penger alle 1m)	n. 64 000 m3												
soraa, mursketta			115 200	13,002	luonnonhiekka, sis	1,01		0,11	0,01	13,184		1,417	0,182
vanhat rummut	arvio; sama kuin yllä		396	0,045	betoni	1,33		3,4	0,044	0,059		0,152	0,002
YHTEENSÄ:			29,161							24,939	4,681	3,000	0,325

pohjanrakennusmenetelmät yhdystielle						
massanvaihto (5 % tiepituudesta)		H				
täyttömassat (50 m3/tm)	22 150 m3			44 300		
90 % materiaalista linjalta						

10 % ulkopuolelta			4 430	0,500	luonnonhiekk, sis	1,003	0,013	0,003	0,000	0,000	0,000
poistettavat massat (40 m3/tm)	17 720 m3		23 036	1,090	luonnonhiekk, sis	1,003	0,013	0,003	1,093	0,014	0,003
pengerpaalutus (1 % tiepituudesta)		H									
betonipaaluja (1,3 m3/tm)	115 m3		271	0,013	betoni	1,33	3,4	0,044	0,017	0,044	0,001
paalulaatat, betonia (3 m3/tm)	266 m3		625	0,030	betoni	1,33	3,4	0,044	0,039	0,100	0,001
POHJANRAKENNUSMENETELMÄT YHTEENSÄ:			1,632						1,150	0,000	0,159 0,005

ELINKAARILASKENTAA:

uusi päällyste 20 vuoden välein		E, J									
päällyste (PAB)	62 020 m2	B									
murske (11-16 mm)			4 748	0,536	murske (14 mm), s	1,061	0,098	0,011	0,569	0,053	0,006
bitumi (4,3 massa-%)			213	0,024	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,033	0,226	0,000
rakenteen parantaminen 40 vuoden välein		E, J									
uusi asfalttikerros, LTA, PAB-B (10	62 020 m2	B									
murske			12 464	1,407	murske (14 mm), s	1,061	0,098	0,011	1,493	0,138	0,015
bitumi (4,3 massa-%)			560	0,063	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,086	0,594	0,001
murskeen lisäys kantavaan kerrokseen	9 300 m3		16 740	1,889	murske (30 mm), s	1,061	0,097	0,011	2,005	0,183	0,021
vuosisadanta n. 625 mm	4,375 m3	F									
60 vuodelle	262,5 m3			262,500						262,500	
tiemaalien energiankulutus	9 200 kWh	I									
60 vuodessa l. 8 krt (oma a	73 600 kWh			n. 8 kWh	sähkö FIN, Helen	0,00063	0,031	0,00037	0,005	0,244	0,003
hiekoitus (8t/km/v)		G									
60 vuodessa				0,480	luonnon hiekka, si	1,003	0,013	0,003	0,481	0,006	0,001
kunnossapidon kaluston polttoaineen kulutus											
auraus (25 krt/talvi)+ tasaus (1 krt/talvi)+ hiekoitus		G									
60 vuodessa	arvio: n. 5 m3		4	0,000	diesel	1,36	9,7	3,219	0,001	0,005	0,002

Laskennan lähteet:

- A. Tielaitos (1998b)
- B. Päällystealan neuvottelukunta (1999)
- C. Rakennustieto Oy (1999), (2000), (2004)
- D. Tiehallinto (2004a)
- E. Lehtonen (2004)
- F. Ilmatieteen laitos (2004)

G. Lappalainen (2004)

H. Valkeisenmäki (2004b)

I. Kotilainen & Mutanen (2004)

J. Petäjä & Spoof (2001)

* mahdolliset aineiden tiheystiedot laskuihin lähteestä Rakentajainkalentereista (Rakennustieto Oy 1998, 1999, 2003)

HUOMIOITAVAA laskusta:

* Maakivien poisto ja kanaalit kalliossa ovat jääneet laskematta niiden epäselvyyden vuoksi. Maakiviä on yksi reilun 10 m matkalla, joten kivimäärä on hyvin pieni ja siksi kivet voidaan jättää huoletta laskuista pois.

* Soratien vanhat rummut on arvioitu saman määräisiksi kuin uudet. Luku on otettu siten uuden tien laskuista.

* Bitumille ei ole omaa kerrointa, siksi kertoin on kevyen polttoöljyn kerroin, joka Wuppertal-instituutin mukaan vastaa lähimmin bitumia.

* Rakenteen parantaminen: uusi päällyste 10 cm ja muskekerroksen lisäys n. 15 cm.

LIITE 8

SEUTUTIE 582; Lapinlahti-Rautavaara, välillä 03 / 7070 - 08 / 5521, tien pituus: 21, 133 km, päällysteen leveys 7,1 m.

* Vuonna 1983 tehty suuntauksen parantaminen ja v. '86 rakenteen parantaminen ja vuonna 1993 tie saanut uuden päällysteen.

SEUTUTIEHEN KÄYTETTYJÄ MATERIAALEJA					MI (t/t)				MI/tiemetri				
TYÖMÄÄRÄT:	ilmoitettu määrä	lähde	t/ koko tie	t/ m tietä	käytetty MI-arvo	abiottinen	bioottinen	vesi	ilma	abiottinen (t)	bioottinen (t)	vesi (t)	ilma (t)
v. '83 suuntauksen parantaminen ja v. '86 rakenteen parantaminen													
Tämä kattaa v. 1983 tehdyn suuntauksen parantamisen (15,637 km) ja v. 1986 rakenteen parantamisen (5,496 km)													
maanleikkaus	99 900 m3	A											
penkereisiin, arvio	63 800 m3		127 600	6,038	luonnonhiekk	1,002		0,006	0,002	6,050		0,036	0,012
läjitykseen, arvio (pintamaa)	36 100 m3		46 930	2,221	luonnonhiekk, sis. kuljetus 10		1,004	0,025	0,004		2,230	0,056	0,009
kallionleikkaus (penkereisiin)	6 500 m3	A	17 225	0,815	murske (45 mm)	1,000		0,002	0,001	0,815		0,002	0,001
sivuojat (massat penkereisiin)	34 900 m3		45 370	2,147	luonnonhiekk	1,002		0,006	0,002	2,151		0,013	0,004
rakennekerroksia	182 800 m3	A											
kantava kerros (+jakava kerros?)	118 820 m3		213 876	10,120	murske (30 mm),	1,061		0,097	0,011	10,738		0,982	0,111
suodatinkerros	63 980 m3		115 164	5,449	luonnonhiekk, sis.	1,014		0,109	0,014	5,526		0,594	0,076
päällystys, PAB-B (21, 133km)	167 300 m2	A, B											
murske (11-16mm)			12 808	0,606	murske (14 mm),	1,061		0,098	0,011	0,643		0,059	0,007
bitumi (4,3 massa-%)			576	0,027	kevyt polttoöljy	1,36		9,4	0,019	0,037		0,254	0,001
ulkopuolelta tuodut pengermateriaalit	63 500 m3	A											
routimattomat pengermateriaalit	33 700 m3	A	60 660	2,870	murske (30 mm),	1,061		0,097	0,011	3,045		0,278	0,032
routivat pengermateriaalit	29 800 m3	A	50 660	2,397	luonnonhiekk, sis.	1,014		0,109	0,014	2,431		0,261	0,034
(penkereisiin yhteensä)	(162 200 m3)												
v. '93 päällystys													
Viimeisin päällystystyö v. 1993, jolloin päällystystyömenetelmä ollut LTA (paksuudeltaan vakio laatta), koko 21, 133 km.													
päällystys (1993, oma arvio), LTA, PA	150 044 m2	A, B											
murske			11 487	0,544	murske (14 mm),	1,061		0,098	0,011	0,577		0,053	0,006
bitumi (4,3 massa-%)			516	0,024	kevyt polttoöljy	1,36		9,4	0,019	0,033		0,230	0,000
olemassa ollut vanha rakenne (5,496 km), ennen rakenteen parantamista, oma arvio													
asfalttikerros, murske		B		0,544	murske (14 mm),	1,061		0,098	0,011	0,577		0,053	0,006
bitumi		B		0,024	kevyt polttoöljy	1,36		9,4	0,019	0,033		0,226	0,000
kantava kerros	n. 12 000 m3	A	21 640	1,024	murske (14 mm),	1,061		0,098	0,011	1,086		0,100	0,011
suodatinkerros	n. 8 500 m3	A	15 200	0,719	luonnonhiekk, sis.	1,014		0,109	0,014	0,729		0,078	0,010
pengertäyte, oletus: paksuus 0,5- 1m	n. 55 000 m3		99 000	4,685	luonnonhiekk	1,002		0,006	0,002	4,694		0,028	0,009
pintamaa/ maanleikkausten läjitettävä osuus				2,220	luonnonhiekk, sis. kuljetus 10		1,004	0,025	0,004		2,229	0,056	0,009
lisäksi valaistusta 2,4 km		C, D											
puupylväät	arvio: 96 kpl		8	0,000	mänty (pine wood)	0,86	5,51	10	0,129	0,000	0,002	0,004	0,000
valaisimet lamppuineen	10 kg/ valaisin	N	1	0,000	alumiini, keskiarvo	18,98		539,2	5,909	0,001		0,026	0,000
kaapeleita	arvio: 2,8 km	N	1	0,000	alumiini, keskiarvo	18,98		539,2	5,909	0,000		0,013	0,000
			1	0,000	PVC	3,33		176,6	1,693	0,000		0,004	0,000

betonijalustoja	arvio: 96 kpl		172	0,008	betoni	1,33	3,4	0,044	0,011	0,028	0,000
pyörätietä ja jalkakäytävää n. 1,5 km		M							0,431	0,027	0,001
sillat											
539 Kärnän silta (n. 12 m)		J									
teräsbetoni	48,6 m3		119	0,006	betoni	1,33	3,4	0,044	0,007	0,034	0,004
kaiteet	0,04 m3		0	0,000	ruostumaton teräs	14,43	205,1	2,825	0,000	0,000	0,000
540 Välijoen silta (n. 7 m)		K									
kiveä	50 m3		133	0,006	graniitti	1,92	3,4	0,593	0,012	0,034	0,006
541 Juuvinkosken silta (n. 70 m)		L									
laudoitettuja pintoja	54 m3		26	0,001	mänty (pine wood)	0,86	5,51	10	0,129	0,001	0,007
betoniterästä			79	0,004	betoni	1,33	3,4	0,044	0,005	0,013	0,000
betonia	514,55 m3		1 209	0,057	betoni	1,33	3,4	0,044	0,076	0,195	0,003
kiveä	258,3 m3		684	0,032	graniitti	1,92	3,4	0,593	0,062	0,110	0,019
kaiteet	0,358 m3		3	0,000	ruostumaton teräs	14,43	205,1	2,825	0,002	0,027	0,000
YHTEENSÄ:			42,590						39,775	4,467	3,886
										0,373	

pohjanrakennusmenetelmät seututielle											
massanvaihto (9 % tiepituudesta)		I									
täyttömassat (60 m3/tm)	114 0118 m3		228	236							
90 % materiaalista linjalta											
10 % ulkopuolelta			22	824	1,080	luonnonhiekk, si	1,003	0,013	0,003	1,083	0,014
poistettavat massat (48 m3/tm)	91 295 m3		118	683	5,616	luonnonhiekk, si	1,003	0,013	0,003	5,633	0,075
pengerpaalutus (3 % tiepituudesta)		I									
betonipaaluja (1,9 m3/tm)	1 205 m3		2	831	0,134	betoni	1,33	3,4	0,044	0,178	0,455
paalulaatat, betonia (3,6 m3/tm)	2 282 m3		5	364	0,254	betoni	1,33	3,4	0,044	0,338	0,863
POHJANRAKENNUSMENETELMÄT YHTEENSÄ:			7,084						7,232	0,000	1,407
										0,038	

ELINKAARILASKENTAA:

uusi päällystys, LTA, PAB-B	150 044 m2	A, B									
murske			11	487	0,544	murske (14 mm),	1,061	0,098	0,011	0,577	0,053
bitumi (4,3 massa-%)				516	0,024	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,033	0,230
rakenteen parantaminen		F									
uusi asfalttikerros, LTA, PAB-B (10 cm)	150 044 m2	B									
murske			30	154	1,427	murske (14 mm),	1,061	0,098	0,011	1,514	0,140
bitumi (4,3 massa-%)				1 355	0,064	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,087	0,603
murskekerros, 15 cm paksuus	22 507 m3		40	512	1,917	murske (30 mm),	1,061	0,097	0,011	2,034	0,186
vuosisadanta n. 625 mm	4,4375 m3	G		4							
tielle 60 vuodessa	266,25 m3				266,250						266,250

* Kunnossapidon aurauksen ja hiekoituksen vaatima kaluston polttoaineen kulutus todettiin moottoritien laskuissa olevan mitättömän pieni, joten tässä kulutus jätettiin laskematta.

* Valaistuksen kaapeli laskettu siten, että Al-johdinta on tien pituus + 4m per pylväs. Johdin alumiinia 185 kg/ km ja PVC-muovia 190 kg/ km.

* Bitumille ei ole omaa kerrointa, siksi kerton on kevyen polttoöljyn kerroin, joka Wuppertal-instituutin mukaan vastaa lähimmin bitumia.

* Tässä laskussa on jätetty huomiotta kaikki tierummut ja viemäröinti, koska tietoja ei ollut saatavilla helposti. Lisäksi muista tielaskuista voidaan todeta materiaalmäärien olevan vähäinen.

LIITE 9

VALTATIE 25, Hanko-Skogby, tien pituus: 20,7 km, päällysteen leveys 10 m.

* Viimeisin toimenpide on vuodelta 2001, jolloin tietä linjattu uudelleen ja tehty perusparannusta.

* Tielinjaus lähes koko matkaltaan 1 luokan pohjavesialueella.

VALTATIEHEN KÄYTETTYJÄ MATERIAALEJA			MI (t/t)							MI/tiemetri			
TYÖMÄÄRÄT	ilmoitettu määrä	lähde	t/ koko tie	t/ m tietä	käytetty MI-arvo	abiioittinen	bioottinen	vesi	ilma	abiioittinen (t)	bioottinen (t)	vesi (t)	ilma (t)
tien parantaminen v. 2001													
pintamaan poisto	37 440 m3		48 672	2,351	luonnonhiekk, sis. kuljetus 10		1,004	0,025	0,004		2,361	0,059	0,009
maaleikkaus	318 645 m3ktr	A	637 290	30,787	luonnonhiekk, si	1,004		0,025	0,004	30,910		0,770	0,123
kallioleikkaus	29 384 m3ktr	A	77 868	3,762	murske (30 mm)	1,050		0,002	0,001	3,950		0,006	0,002
irtilouhint	3 915 m3ktr	A	10 375	0,501	murske (37 mm)	1,050		0,001	0,000	0,526		0,001	0,000
maapenger	81 215 m3rtr	A	oletetaan, että massat maa- ja kallioleikkauksista										
suodatinkerros/Hk	14 742 m3rtr	A	26 536	1,282	luonnonhiekk, si	1,014		0,109	0,014	1,300		0,140	0,018
jakava kerros Sr tai Mk	74 572 m3rtr	A	134 230	6,485	murske (45 mm),	1,006		0,050	0,006	6,520		0,321	0,039
sitomaton kantava kerros	65 254 m3rtr	A	117 457	5,674	murske (37 mm),	1,051		0,009	0,001	5,964		0,051	0,006
luiskantäyttö, materiaalina läjitet	69 203 m3rtr	A	oletetaan, että massat maa- ja kallioleikkauksista										
vanhan asfaltin poisto	40 000 m2	B											
mursketta			3 800	0,184	murske (14 mm),	1,061		0,098	0,011	0,195		0,018	0,002
bitumia			200	0,010	kevyt polttoöljy	1,36		9,4	0,019	0,013		0,091	0,000
betonilaatta- ja bet.kiviverhous	350 m2	B	82										
koko matka, arvio	1 750 m2		410	0,020	betoni	1,33		3,4	0,044	0,026		0,067	0,001
reunatuett h 16 cm	200 m	B	13										
koko matka, arvio	1 000 m		65	0,003	betoni	1,33		3,4	0,044	0,004		0,011	0,000
rummut, bet.	950 m	A, B, P	88	0,004	betoni	1,33		3,4	0,044	0,006		0,014	0,000
rummut, muovi	n. 640 m	A, B, P	36	0,002	PE (high density)	2,52		105,9	1,904	0,004		0,184	0,003
salaojat 110 mm, arvio		P	300	0,014	PVC	3,33		176,6	1,693	0,048		2,559	0,025
reunapaalut, arvio	n. 2 000 kpl		18	0,001	PE (high density)	2,52		105,9	1,904	0,002		0,092	0,002
meluvallit 5,2 km		H	ovat maa- ja kallioleikkausten massoista (lähde: A)!										
viemäreitä		A, P											
betoniset	11 420 m		899	0,043	betoni	1,33		3,4	0,044	0,058		0,148	0,002
muoviset	2 120 m		36	0,002	PE (high density)	2,52		105,9	1,904	0,004		0,184	0,003
kaivoja		A, P											
betoniset	63 kpl		89	0,004	betoni	1,33		3,4	0,044	0,006		0,015	0,000
muoviset	93 kpl		11	0,001	PE (high density)	2,52		105,9	1,904	0,001		0,056	0,001
pumppaamot	1 iso, 4 pientä	A											
tasausaltaat, betoni	2 kpl	A	1 175	0,057	betoni	1,33		3,4	0,044	0,075		0,193	0,002
tasausaltaat, maa	7 kpl	A	9 100	0,440	luonnonhiekk, si	1,003		0,013	0,003	0,441		0,006	0,001
tiemaaleja	oletus 10 000 m2		5	0,000									
päällysteet													

masuunikuonarakenne 4,3 km:												
päällyste AB (100 kg/m2)	43 000 m2	C, D										
tästä mursketta			4 085	0,197	murske (14 mm),	1,061	0,098	0,011	0,209	0,019	0,002	
bitumia (5 massa-%)			215	0,010	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,014	0,098	0,000	
päällyste ABK (150 kg/m2)	43 000 m2	C, D										
tästä mursketta			6 128	0,296	murske (30 mm),	1,061	0,097	0,011	0,314	0,029	0,003	
bitumia (5 massa-%)			323	0,016	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,021	0,146	0,000	
kantava kerros, MaKuM 100 mm		C	masuunikuonamurske (MaKuM) ja									
jakava kerros, KapKu 350 mm		C	kappalekuona (KapKu) ovat kierrätysmateriaalia!									
murskerakenne 16,4 km:												
päällyste AB (100 kg/m2)	164 000 m2	C, D										
tästä mursketta			15 580	0,753	murske (14 mm),	1,061	0,098	0,011	0,799	0,074	0,008	
bitumia (5 massa-%)			820	0,040	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,054	0,372	0,001	
päällyste ABK (150 kg/m2)	164 000 m2	C, D										
tästä mursketta			23 370	1,129	murske (30 mm),	1,061	0,097	0,011	1,198	0,110	0,012	
bitumia (5 massa-%)			1 230	0,059	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,081	0,559	0,001	
kantava kerros, KaM 0-50 250 m	41 000 m3	sisältyy yllä laskettuun lukuun!										
jakava kerros, KaM 0-100 250 m	41 000 m3	sisältyy yllä laskettuun lukuun!										
liikenteenohjauslaitteet												
portaaleja, jossa alumiinia	18 kpl	A	arvio: 3	0,000	alumiini, keskiarvo	18,98	539,2	5,909	0,003	0,078	0,001	
terästä			arvio: 8	0,000	ruostumaton teräs	14,43	205,1	2,825	0,006	0,079	0,001	
tiekaiteita	1 276 m	A, B	n. 20 t	0,001	ruostumaton teräs	14,43	205,1	2,825	0,014	0,198	0,003	
valaistus												
liittymät valaistuja	9 400 m	A										
puupylväät	arvio: 376 kpl, 66	E, F, I	32	0,002	mänty (pine wood)	0,86	5,51	10	0,129	0,001	0,009	0,015 0,000
valaisimet lamppuineen	10 kg/ valaisin	I	4	0,000	alumiini, keskiarvo	18,98	539,2	5,909	0,003	0,098	0,001	
kaapeleita	n.10,9 km	E, F, I	2	0,000	alumiini, keskiarvo	18,98	539,2	5,909	0,002	0,052	0,001	
			2	0,000	PVC	3,33	176,6	1,693	0,000	0,017	0,000	
betonijalustoja	arvio: 376 kpl		660	0,032	betoni	1,33	3,4	0,044	0,042	0,108	0,001	
pohjavesisuojaus												
pohjavesisuojausta (bentoniittima)	262 400 m2	G	2 047	0,099	polypropyleeni (gr)	2,09	35,800	1,482	0,207	3,540	0,147	
suojausverho	n. 263 000 m2		197 250	9,529	luonnonhiekk, sis	1,003	0,013	0,003	9,558	0,127	0,029	
pohjavesisuojauksen putket	5 km	G	113	0,005	PVC	3,33	176,6	1,693	0,018	0,964	0,009	
vanha rakenne n. 9 km (oma arvio)												
pintamaan poisto	27 000 m3		35 100	1,696	luonnon hiekka, sis 4 km:n kulj	1,003	0,013	0,003		1,701	0,023 0,005	
maaleikkaus	n. 200 000 m3		400 000	19,324	luonnonhiekk, sis	1,004	0,025	0,004	19,401	0,483	0,077	
kallioleikkaus	n. 22 000 m3		58 300	2,816	murske (30 mm)	1,05	0,002	0,001	2,957	0,005	0,002	
yllä laskettu vanhan asfaltin poisto, mutta tämän lisäksi asfalttia ollut omien laskujen mukaan toinen 40 000 m2:												
mursketta			3 800	0,184	murske (14 mm),	1,061	0,098	0,011	0,195	0,018	0,002	
bitumia			200	0,010	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,013	0,091	0,000	

suodatinkerros/Hk	n. 11 000 m3		19 800	0,957	luonnonhiekk, si	1,014	0,109	0,014	0,970	0,104	0,013
jakava kerros Sr tai Mk	n. 55 000 m3		99 000	4,783	murske (45 mm),	1,006	0,050	0,006	4,809	0,237	0,029
sitomaton kantava kerros	n. 50 000 m3		90 000	4,348	murske (37 mm),	1,051	0,009	0,001	4,570	0,039	0,004
voidaan olettaa, että pengermateriaali on maa- ja kalliroleikkauksista											
silta S6: Haparskogin alikulkukäytävä											
peruskuoppien kaivu	780 m3ktr	A	1 560	0,075	luonnonhiekk, si	1,003	0,013	0,003	0,076	0,001	0,000
perustusten alustäytöt	200 m3rtr	A	360	0,017	murske (37 mm),	1,051	0,009	0,001	0,018	0,000	0,000
perustamistason yläpuoliset täyt	500 m3rtr	A	900	0,043	murske (37 mm),	1,051	0,009	0,001	0,046	0,000	0,000
teline- ja muottityöt	50 m2	A									
raudoitustyöt, betoniteräs A500H	6200 kg	A	6	0,000	betoni	1,33	3,4	0,044	0,000	0,001	0,000
betonointityöt, betoni K30	80 m3	A	188	0,009	betoni	1,33	3,4	0,044	0,012	0,031	0,000
päälysrakenteet: jalat ja siipimuu	520 m2	A	2 444	0,118	betoni	1,33	3,4	0,044	0,157	0,401	0,005
kehälaatta- tai pa	95 m2	A	223	0,011	betoni	1,33	3,4	0,044	0,014	0,037	0,000
raudoitustyöt	13 200 kg	A	13	0,001	ruostumaton teräs	14,43	205,1	2,825	0,009	0,131	0,002
betoni K35	145 m3	A	341	0,016	betoni	1,33	3,4	0,044	0,022	0,056	0,001
kannen pintarakenteet:											
kumibitumieristys	370 m2	A	4	0,000	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,000	0,002	0,000
suojakerros, kuitukangas+20	90 m2	A	3	0,000	luonnonhiekk, si	1,003	0,013	0,003	0,000	0,000	0,000
AB 12/70 -päälyste	90 m2	A, D									
murske			6	0,000	murske (14 mm),	1,061	0,098	0,011	0,000	0,000	0,000
bitumi (5,7 massa-%)			0	0,000	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,000	0,000	0,000
SMA 20/100 -päälyste	90 m2	A, D									
murske			8	0,000	murske (14 mm),	1,061	0,098	0,011	0,000	0,000	0,000
bitumi (6,3 massa-%)			1	0,000	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,000	0,000	0,000
täyte murskeesta	10 m3	A	18	0,001	murske (45 mm),	1,006	0,050	0,006	0,001	0,000	0,000
tiheä teräskaide (kuumasinkitty) j	27 m	A	1	0,000	ruostumaton teräs	14,43	205,1	2,825	0,001	0,010	0,000
betonikiviverhous	60 m2	A	21	0,001	betoni	1,33	3,4	0,044	0,001	0,003	0,000
silta S2: Lappohjan alikulkukäytävä											
peruskuoppien kaivu	255 m3ktr	A	510	0,025	luonnonhiekk, si	1,003	0,013	0,003	0,025	0,000	0,000
perustamistason yläpuoliset täyt	190 m3rtr	A	342	0,017	murske (37 mm),	1,051	0,009	0,001	0,017	0,000	0,000
teline- ja muottityöt	40 m2	A									
raudoitustyöt, betoniteräs A500H	4600 kg	A	5	0,000	betoni	1,33	3,4	0,044	0,000	0,001	0,000
betonointityöt, betoni K30	60 m3	A	141	0,007	betoni	1,33	3,4	0,044	0,009	0,023	0,000
päälysrakenteet: jalat ja siipimuu	340 m2	A	1 598	0,077	betoni	1,33	3,4	0,044	0,103	0,262	0,003
kehälaatta- tai pa	85 m2	A	200	0,010	betoni	1,33	3,4	0,044	0,013	0,033	0,000
raudoitustyöt	11300 kg	A	11	0,001	ruostumaton teräs	14,43	205,1	2,825	0,008	0,112	0,002
betoni K35	125 m3	A	294	0,014	betoni	1,33	3,4	0,044	0,019	0,048	0,001
kannen pintarakenteet:											
kumibitumieristys	297 m2	A	3	0,000	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,000	0,001	0,000
suojakerros, kuitukangas+20	75 m2	A	3	0,000	luonnon hiekk, s	1,003	0,013	0,003	0,000	0,000	0,000

murske			5	0,000	murske (14 mm),	1,061	0,098	0,011	0,000	0,000	0,000	
bitumi (5,7 massa-%)			0	0,000	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,000	0,000	0,000	
SMA 20/100 -päällyste	75 m2	A										
murske			7	0,000	murske (14 mm),	1,061	0,098	0,011	0,000	0,000	0,000	
bitumi (6,3 massa-%)			0	0,000	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,000	0,000	0,000	
täyte murskeesta	8,5 m3	A	15	0,001	murske (14 mm),	1,061	0,098	0,011	0,001	0,000	0,000	
tiheä teräskaide (kuumasinkitty) j	30 m	A	1	0,000	ruostumaton teräs	14,43	205,1	2,825	0,001	0,010	0,000	
betonikiviverhous	70 m2	A	25	0,001	betoni	1,33	3,4	0,044	0,002	0,004	0,000	
tämän lisäksi vielä 2 alikulkukäytävää, jotka voidaan laskea edellisistä alikulkukäytävien laskuista												
Korsun alikulkukäytävä:	keskiarvot edellisistä:								0,279	0,585	0,008	
neljäs (nimi?) alikulkukäytävä:	keskiarvot edellisistä:								0,279	0,585	0,008	
paikallisteiden tietyöt (1,4 km)												
määrät arvioitu P6:n tietyölistan perusteella												
pintamaan raivaus	arvio: 3 m3											
maaleikkaus	7 000 m3ktr	B	14 000	0,676	luonnonhiekk, si	1,004	0,025	0,004	0,679	0,017	0,003	
suodatinkerros	2 800 m3trtr	B	5 040	0,243	luonnonhiekk, si	1,014	0,109	0,014	0,247	0,027	0,003	
jakavakerros	4 200 m3trtr	B	7 560	0,365	murske (45 mm),	1,006	0,050	0,006	0,367	0,018	0,002	
kantava kerros	3 500 m3trtr	B	6 300	0,304	murske (37 mm),	1,051	0,009	0,001	0,320	0,003	0,000	
ABK 32/150	9 800 m2	B										
AB 20/100	9 800 m2	B										
AB 12/100	7 000 m2	B										
yhteensä mursketta:			3 048	0,147	murske (30 mm)	1,05	0,002	0,001	0,155	0,000	0,000	
bitumia:			144	0,007	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,009			
reunatuet	467 m	B	56	0,003	betoni	1,33	3,4	0,044	0,004	0,009	0,000	
yksityisteiden tietyöt (5,7 km)												
työmäärät arvioitu paikallisteiden työmääristä:												
kevyen liikenteen väyliä (6,2 km)		G, J							7,250	0,300	0,036	
									1,818	0,114	0,003	
YHTEENSÄ:			97,753						107,476	4,070	15,496	0,674

sideaine, kalkki (2663 kg/tm)	1 102 t		1 102	0,053	kalkki (caustic lime)	3,23	14,7	0,120	0,172	0,783	0,006
sideaine, sementti (2663 kg/tm)	1 102 t		1 102	0,053	sementti (Portland)	3,22	16,9	0,332	0,171	0,900	0,018
kevytsorapenger (1 % tiepituudesta)		H									
kevytsoraa (18 m3/tm)	3 726 m3		1 304	0,063	luonnonhiekk, si	1,014	0,109	0,014	0,064	0,007	0,001
vastapenger (1 % tiepituudesta)		H									
v.p. materiaali, maata (30 m3/6 m)	6 210 m3		8 073		materiaali tielinjalta leikkauksista						
POHJANRAKENNUSMENETELMÄT YHTEENSÄ:			14,607				15,230	0,000	5,423	0,112	

ELINKAARILASKENTAA:

REM- päällyste 8 vuoden välein (20 kg/m2)		K, L									
murske	286,5 kg/m tietä	D		0,287	murske (30 mm),	1,061	0,097	0,011	0,304	0,028	0,003
bitumi	13,5 kg/m tietä			0,014	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,018	0,127	0,000
laatta-päällyste (lasketaan ka. 125 kg/m2, bitumi)		K, L									
murske		D		1,781	murske (30 mm),	1,061	0,097	0,011	1,890	0,173	0,020
bitumi				0,094	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,128	0,882	0,002
tiemaalien energiankulutus	34 500 kWh	M									
60 vuodessa l. 8 krt (oma)	276 000 kWh			n. 13 kWh	sähkö FIN, Helen	0,00063	0,0305	0,00037	0,008	0,397	0,005
valaistuksen energiankulutus/v	300 424 kWh	F									
60 vuodelle	18 025 440 kWh			n. 871 kWh	sähkö FIN, Helen	0,00063	0,0305	0,00037	0,549	26,592	0,322
suolaus (10t/km/v)		N									
60 vuodelle			12 420	0,600	NaCl	1,24	2,3	0,02	0,744	1,380	0,012
hiekoitus (2t/km/v)		N									
tielle, 60 vuodelle			2 484	0,120	luonnon hiekka, s	1,003	0,013	0,003	0,120	0,002	0,000
kevyelle väylälle, 60 v.		J							0,252	0,001	0,000
kunnossapidon kaluston polttoaineen kulutus											
auraus (70 krt/vuosi)+suolaus+hie	480 l / v	N									
60 vuodessa	28 800 l / 60 v.		24	0,001	diesel	1,36	9,7	3,219	0,002	0,011	0,004
vuosisadanta n. 625 mm		O									
tielle 60 vuodessa	562,5 m3			562,500						562,500	
sadanta kevyelle väylälle 60 v.				33,696						33,696	

Laskennan lähteet:

- A. Tielaitos (2001)
- B. Tikkamäki (2004)
- C. Tielaitos (2000a)
- D. Päällystealan neuvottelukunta (1999)
- E. Tielaitos (1991a)
- F. Tielaitos (1991b)

G. Tiehallinto (2001)
H. Valkeisenmäki (2004b)
I. Hänninen (2004)
J. Hakkarainen (2004)
K. Petäjä & Spoof (2001)
L. Lehtonen (2004)
M. Kotilainen & Mutanen (2004)
N. Lappalainen (2004)
O. Ilmatieteen laitos (2004)
P. Rakennustieto Oy (1998), (1999), (2003)
*mahdolliset aineiden tiheystiedot laskuihin lähteestä Rakentajainkalentereista (Rakennustieto Oy 1998, 1999, 2003)

HUOMIOITAVAA laskusta:

- * Pintamaan poisto on arvioitu itse.
- * Materiaalimenekki on tällaisella harjun päällä kulkevalla valtatiellä todennäköisesti huomattavastikin pienempi kuin valtatiellä, jossa tielinjaus kulkee penkereen päällä. Tässä kallioleikkausten määrä on vähäinen.
- * Maapenkereen oletetaan olevan pääasiassa tielinjauksen omia materiaaleja. Luiskantäyttöjen ja meluvallien lasketaan myös olevan maa- ja kallioleikkausten massoja.
- * Betonilaatan ja reunatukien määrät on ilmoitettu asiakirjoissa vain osalta matkaa, siksi molemmat luvut arvioitu uudelleen kattavaksi koko tielinjausta. Arviot uusiksi määriksi on arvioitu moottoritien laskuista -eli päätelty, mitä luvut voisivat olla valtatiellä.
- * Betoni- ja muovirummut on laskettu moottoritien tavoin valmistajien esimerkkirumputyyppien mukaan. Ongelmana on se, että rumpujen määrä vaihtelee lähteestä riippuen.
- * Salaojat ja reunapaalut ilmoitetaan olevan arvioita, koska lähde B:ssä ilmoitettiin niitä olevan, mutta ilman määrää. Siksi materiaalmäärä on arvioitu itse.
- * Suojaverhous voisi myös olla kallio- ja maaleikkauksista, mutta tässä ne on kuitenkin laskettu mukaan.
- * Portaalien materiaalit on arvioitu itse osittain moottoritien laskujen pohjalta ja osin pääättelemällä.
- * Betonijalustat valaisinpylväille on arvioitu kuten moottoritieessä "Tielaitos 1991"-lähteen mukaisesti.
- * Tiemaali laskettu, että maalimenekki olisi 0,35 l/m² (Tielaitos 1996) ja tiheys arvioitu esim. 1,5 kg/l. Tiemaalille ei ole olemassa MI-kerrointa, mutta toisaalta materiaalimenekki onkin olematon.
- * Tiekaiteet on laskettu moottoritien laskujen mukaan, jossa metri tiekaidetta painaa vajaat 16 kg, sisältäen johteet, putket, kaiteet jne.
- * Tieriekisteri ilmoittaa siltojen lukumääräksi 2, mutta Tiehallinnon www-sivuilla tiehankkeen avajaistiedotteessa mainitaan siltojen määräksi 4. Voidaan kuitenkin edellä oleviin laskuihin perustuen todeta, ettei siltojen materiaaleilla ole suurempaa merkitystä laskujen lopputulosten kannalta.
- * Paikallisteiden reunatuet voidaan suoraan jättää pois laskuista.
- * Valaistuksen kaapelien määrää on vaikea arvioida. Tässä vain arvio ilmajohdoista, jos oletetaan niitä olevan.
- * Bitumille ei ole omaa kerrointa, siksi kerroin on kevyen polttoöljyn kerroin, joka Wuppertal-instituutin mukaan vastaa lähimmin bitumia.
- * Pyörätien/ kevyen liikenteen MI-luvut ovat suoraan FIN-MIPS Liikenne -projektin "pyöräliikenteen MIPS" -osatutkimuksessa lasketuista luvuista.
- * Sadanta laskettu vain valtatie ja kevyen väylän osalta -ei mm. yksityisteiltä, joihin hankeen vuoksi tehty parannuksia.
- * Siltojen päällysrakenteet: jalat ja siipimuurit sekä kehälaatta- tai palkit ovat tonnimääritään puhdasta arviota.

LIITE 10

MOOTTORITIE; Vt 4, Jutikkala-Kulju

* sisältää urakat, välit: 1) Jutikkala-Tartila 8 km, 2) Konho-Lippo 4 km, 3) Vaihmala-Kulju 10 km, yhteensä 22 km ja kaksi ajorataa, ajoradan päällysteen leveys 11,75 m

MOOTTORITIEHEN KÄYTETTYJÄ MATERIAALEJA			MI (t/t)							MI/tiemetri			
TYÖMÄÄRÄT	ilmoitettu määrä	lähde	t/ koko tie	t/ m tietä	käytetty MI-arvo	abiottinen	bioottinen	vesi	ilma	abiottinen (t)	bioottinen (t)	vesi (t)	ilma (t)
maatyöt (22 km:n väliltä)													
pintamaan poisto (kasvit, kanno)	1 567 460 m2	A	407 540	18,525	luonnonhiekk, sis 4 km:n kulje		1,003	0,013	0,003		18,580	0,246	0,057
ruokamullan poisto	38 505 m3ktd	A	65 459	2,975	luonnonhiekk	1,002		0,006	0,002	2,981		0,018	0,006
päällysteen poisto	65 757 m2	A	9 864										
mursketta:			9 420	0,428	murske (30 mm), s	1,061		0,097	0,011	0,454		0,042	0,005
bitumia:			444	0,020	kevyt polttoöljy	1,36		9,4	0,019	0,027		0,190	0,000
maaleikkaus	3 174 727 m3ktr	A	6 349 454	288,612	luonnonhiekk	1,002		0,006	0,002	289,189		1,732	0,577
pehmeän perusmaan poisto	847 299 m3ktr	A	1 101 489	50,068	luonnonhiekk, sis	1,003		0,013	0,003	50,218		0,665	0,154
avo-ojien kaivu	58 942 m3ktr	A	76 625	3,483	luonnonhiekk, sis	1,003		0,013	0,003	3,493		0,046	0,011
kallionleikkaukset	2 208 565 m3ktr	A	5 852 697	266,032	murske (30 mm)	1,05		0,002	0,001	279,333		0,433	0,144
kantavan murske 0-55/65 mm	371 057 t	A			oletetaan, että massat kallioleikkausten materiaaleista!								
kalliomurske 0-32 mm, varasto	101 545 t	A			oletetaan, että massat kallioleikkausten materiaaleista!								
kevytsorapenkereet (ks. alla, p	3 091 m3rtr	A											
bentoniittimatto	16 363 m2	A	127	0,006	polypropyleeni (gr	2,09		35,800	1,482	0,012		0,207	0,009
sorapinta	36 840 m2	A	3 315	0,151	luonnonhiekk, sis	1,014		0,109	0,014	0,153		0,016	0,002
jakavat kerrokset ja maalaatiko	101 788 m3rtr	A	183 218		oletetaan, että massat kallioleikkausten materiaaleista!								
suodatinkankaat	561 071 m2	A	73	0,003	polypropyleeni (gr	2,09		35,8	1,482	0,007		0,119	0,005
sitomattomat kantavat kerrokset	142 171 m3rtr	A	255 908		oletetaan, että massat kallioleikkausten materiaaleista!								
piennartäyte	4 800 m3rtr	A	8 640		oletetaan, että massat kallioleikkausten materiaaleista!								
betonikiviverhous	2 697 m2	A	951	0,043	betoni	1,33		3,4	0,044	0,057		0,147	0,002
kenttäkiviverhous	3 616,4 m2	A	1 438	0,065	graniitti	1,92		3,4	0,593	0,125		0,222	0,039
murskeverhous (murske+molsk	6 928 m2	A	623										
reunatuki (betoni?+luonnonkivi	2 311,5 m	A, D	277	0,013	betoni	1,33		3,4	0,044	0,017		0,043	0,001
betoniputkirumpuja	3 188,5 m	A, B	959	0,044	betoni	1,33		3,4	0,044	0,058		0,148	0,002
muoviputkirumpuja	1 024,1 m	A, B	34	0,002	PE (high density)	2,52		105,9	1,904	0,004		0,164	0,003
salaojat	77 966 m	A, B	597	0,027	PVC	3,33		176,6	1,693	0,090		4,792	0,046
salaojakaivot	1 372 kpl	A, B	131	0,006	betoni	1,33		3,4	0,044	0,008		0,020	0,000
sadevesiviemäri, muoviputki	9 370 m	A, B	305	0,014	PVC	3,33		176,6	1,693	0,046		2,448	0,023
sadevesikaivo, betoni ja eleme	378 kpl	A, B	411	0,019	betoni	1,33		3,4	0,044	0,025		0,064	0,001
sadevesikaivo, muovi	2 kpl	A, B											
tiekaiteet ja johteet tielle ja sillo	n. 28 794 m	A, E	460	0,021	ruostumaton teräs	14,43		205,1	2,825	0,302		4,287	0,059
suoja-putket, muovi	6 191,5 m	A, B	37	0,002	PVC	3,33		176,6	1,693	0,006		0,297	0,003
paalulaatta (ks. alla, pohjanrak	11 816 m2	A											
putket yht.kaiv (6850.10-.12)	4 032,5 m	A	182	0,008	PVC	3,33		176,6	1,693	0,028		1,461	0,014

meluesteet, betoninen, tielle ja	1 338 m+115 m	A, C	1 281	0,058	betoni	1,33	3,4	0,044	0,077	0,198	0,003
riista-aitaan teräsputkia 11 000	11 000 kpl + 1 100	A, C	152	0,007	ruostumaton teräs	14,43	205,1	2,825	0,100	1,417	0,020
riista-aitaan jalustat, 700mm ja	11 000 kpl, oma ar	A, C	429	0,020	betoni	1,33	3,4	0,044	0,026	0,066	0,001
lisäsopimuksena siltojen tausta	11 872 m3rtr	A	21 370	0,971	luonnonhiekk, sis	1,014	0,109	0,014	0,985	0,106	0,014
päällysteet (Huom! 35 km matkalta moottoritietä)											
ABK 32/170 ajorata	66 789 t	A	ABK -kerrokset materiaalit tielinjalta kallioleikkauksista!								
ABK 25/120 piennar	17 711 t	A									
ABS 25/120 moottoritie	74 806 t	A									
AB 25/120 sitom. pinnalle	19 362 t	A									
AB 20/120 siltapäällyste	1 193 t	A									
AB 12/70 sillan tasauskerros	875 t	A									
AB 16/100 kevytväylät	896 t	A									
AB 20/120 yksityistiet sillan päi	278 t	A									
näistä yhteensä mursketta:	93 027 t		55 843	2,538	murske (30 mm), s	1,061	0,097	0,011	2,693	0,246	0,029
bitumia:	4 383 t	M	2 631	0,120	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,163	1,124	0,002
saumaus/ rima	772 jm	A									
saumaus/ sahaus	210 jm	A									
liimaus	5 230 m2	A									
jyrsintä 0-50 mm	2 780 m2	A									
jyrsintä 50-100 mm	2 400 m2	A									
jyrsintä 100-150 mm	1 705 m2	A									
laatikkojyrsintä	733 m2	A									
maalaus vesioh. reunaviiva 20	28 107 m2	A									
maalaus vesioh. reunaviiva 10	4 970 m2	A									
maalaus, kuumamaali, keskiviiv	2 509 m2	A									
maalaus, reunaviivan jatke 40 c	3 176 m2	A									
keltainen sulkuviiva, 10 cm	238 m2	A									
maaleja yhteensä 39 000 m	13 650 l	O	21	0,001							
paikkaukset/tasaukset	2 818 t	A									
tästä mursketta	2691,19 t		1 794	0,082	murske (30 mm), s	1,061	0,097	0,011	0,087	0,008	0,001
bitumia	126,81 t		85	0,004	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,005	0,036	0,000
suojatiet, sulkualueet	588 m2	A									
liikenteenohjauslaitteet (Huom! 23,5 km matkalta)											
liikennemerkkit, opastustaulut ja	397,49 m2 (3,2 t)	A, F	3	0,000	alumiini, keskiarvo	18,98	539,2	5,909	0,003	0,074	0,001
teräsputket (halk. 60 mm), oma	0,38 m3 (0,09 t)	A, F	0	0,000	ruostumaton teräs	14,43	205,1	2,825	0,000	0,001	0,000
jalustat merkeille ja tauluille	n. 211 kpl (oma ar)	A, F	8	0,000	betoni	1,33	3,4	0,044	0,000	0,001	0,000
valaistus (Huom! Tämä esimerkki liittymä ramppeineen E4 Jutikkala)											
22 km:n matkalla voisi laskea olevan 7 vastaavaa liittymää											
betonijalustoja	62 kpl /109,4 t	A, G, H	766	0,035	betoni	1,33	3,4	0,044	0,046	0,118	0,002
pylväs, 10 m, galv.	58 kpl /63 t	A, G, H	441	0,020	ruostumaton teräs	14,43	205,1	2,825	0,289	4,111	0,057

valaisinvarsi, pylväsvarsi, galv.	14 kpl /18 t	A, G, H	126	0,006	ruostumaton teräs	14,43	205,1	2,825	0,083	1,175	0,016
valaisimet lamppuineen	87 kpl	A, G, H									
kaapelikaivanto louheeseen, M	3 000 m	A, G, H	13	0,001	PVC	3,33	176,6	1,693	0,002	0,104	0,001
kaapeleita	4 670 m /0,44 t	A, G, H	3	0,000	alumiini, keskiarvo	18,98	539,2	5,909	0,003	0,074	0,001
sillat (koko H-linna - Tre väliä 147,3 km)											
terästä	11,9 milj kg	A	1 777	0,081	teräs (basic oxygen)	9,32	81,9	0,772	0,753	6,615	0,062
betonia	103 000 m3	A	36 151	1,643	betoni	1,33	3,4	0,044	2,186	5,587	0,072
YHTEENSÄ:			636,151				634,134		18,580	38,868	1,442

pohjanrakennusmenetelmät moottoritielle											
massanvaihto (10 % tiepituudesta)		N									
täyttömassat (240 m3/tm)	528 000 m3		1 056 000								
90 % materiaalista linjalta											
10 % ulkopuolelta			105 600	4,800	luonnonhiekk, sis	1,003	0,013	0,003	4,814	0,064	0,015
poistettavat massat (192 m3)	422 200 m3		548 860	24,948	luonnonhiekk, sis	1,003	0,013	0,003	25,023	0,331	0,077
pengerpaalutus (8 % tiepituudesta)		N									
betonipaaluja (9,3 m3/tm)	16 368 m3		38 465	1,748	betoni	1,33	3,4	0,044	2,325	5,945	0,077
paalulaatat, betonia (14,4 m3)	25 344 m3		59 558	2,707	betoni	1,33	3,4	0,044	3,601	9,204	0,119
syvästabilointi (4% tiepituudesta)		N									
sideaine, kalkki (7101 kg/tm)	6249 t		6 249	0,284	kalkki (caustic lime)	3,23	14,7	0,120	0,917	4,175	0,034
sideaine, sementti (7101 kg)	6249 t		6 249	0,284	sementti (Portland)	3,22	16,9	0,332	0,915	4,800	0,094
kevytsorapenger (3 % tiepituudesta)		N									
kevytsoraa (48 m3/tm)	31 680 m3		11 088	0,504	luonnonhiekk, sis	1,014	0,109	0,014	0,511	0,055	0,007
vastapenger (2 % tiepituudesta)		N									
v.p. materiaali, maata (30 m3)	13 200 m3		17 160		materiaali tielinjalta leikkauksista						
POHJANRAKENNUSMENETELMÄT YHTEENSÄ:			35,276				38,107		0,000	24,575	0,423

ELINKAARILASKENTAA:

REM- päällyste 6 vuoden välein (20 kg/m2)											
murske	442 kg/m tietä	I, P		0,442	murske (30 mm), s	1,061	0,097	0,011	0,469	0,043	0,005
bitumi	28 kg/m tietä	M		0,028	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,038	0,263	0,001
laatta-päällyste ABS 25/120 (3-4 cm:n kerrosliis)											
murske		I, P									
bitumi		M		2,685	murske (30 mm), s	1,061	0,097	0,011	2,848	0,260	0,030
				0,135	kevyt polttoöljy	1,36	9,4	0,019	0,184	1,269	0,003
tiemaalien energiankulutus	89 700 kWh	J		n. 4 kWh							
60 vuodessa l. 8 krt (on)	717 600 kWh			n. 33 kWh	sähkö FIN, Helen	0,00063	0,0305	0,00037	0,021	1,007	0,012
valaistuksen energiankulutus	69 513 kWh	H	48 6591 kWh	n. 22 kWh							
60 vuodelle				n. 1327 kWh	sähkö FIN, Helen	0,00063	0,0305	0,00037	0,836	40,513	0,491

suolaus (20t/ajoradat/km/v)		K									
60 vuodelle				1,200	NaCl	1,24	2,3	0,02	1,488	2,760	0,024
hiekoitus (20t/ajoradat/km/v)		K									
60 vuodelle				1,200	luonnon hiekka, si	1,003	0,013	0,003	1,204	0,016	0,004
kunnossapidon kaluston polttoaineen kulutus											
auraus (100 krt/vuosi)+suolaus	3 300 l	K	n. 2,7 t	0,000							
60 vuodessa			n. 160 t	0,007	diesel	1,36	9,7	3,219	0,010	0,071	0,023
vuosisadanta n. 625 mm	14,69 m3	L									
60 vuodelle	881,25 m3			881,250						881,250	

Laskennan lähteet:

- A. Tielaitos (2000b)
 - B. Rakennustieto Oy (1998), (1999), (2003)
 - C. Jokilehto (2004a)
 - D. Tielaitos (1998a)
 - E. Tiehallinto (2002)
 - F. Tiehallinto (2004a)
 - G. Tielaitos (1991a)
 - H. Tielaitos (1991b)
 - I. Lehtonen (2004)
 - J. Kotilainen & Mutanen (2004)
 - K. Lappalainen (2004)
 - L. Ilmatieteen laitos (2004)
 - M. Päällystealan neuvottelukunta (1999)
 - N. Valkeisenmäki (2004b)
 - O. Tielaitos (1996)
 - P. Petäjä & Spoof (2001)
- *mahdolliset aineiden tiheystiedot laskuihin lähteestä Rakentajainkalentereista (Rakennustieto Oy 1998, 1999, 2003)

HUOMIOITAVAA laskusta:

- * Moottoritien lasku sisältää 22 km:llä kaksi ajorataa, joten metrin pätkä tietä sisältää myös kahden ajoradan materiaalit!
- * Urakkatiedot sisältävät myös hankkeen vuoksi käsiteltyjä yksityisteitä ja muita pienempiluokkaisia teitä.
- * Harmaalla olevat "kantavan murske" ja "kalliomurske" ovat kalliroleikkausten materiaalia ja siksi jätetty pois laskuista.
- * Kevytsorapenkereet kuuluvat pohjanrakennusmenetelmiin, joten ne on laskettu viimeiseksi asiantuntijan lausunnon mukaisesti.
- * Hanketietojen kaikki asfaltit on laskettu yhteen "murske 30 mm ja bitumi 4,5 massa-%" -mukaisesti.
- * Bentoniittimatto sisältää kuitukangasta ja hyvin tiivistä savea. Tarkkaa MI-kerrointa on vaikea määritellä.
- * Saumaus/ liimaus/ jyrästä on jätetty pois, koska tietoja olisi vaikea laskea ja tulos jäisi joka tapauksessa hyvin pieneksi.
- * Tiemaalauksen materiaalinemikki 60 v. aikana jätetty laskematta, koska tulos olisi pieni ja kunnan MI-kerrointa ei ole.
- * Samoin suojatiet ja sulkalueet ja sadevesikaivot (2 kpl) voidaan perustellusti jättää suoraan laskematta.
- * Lamppujen vaihto ja valaisimien puhdistus suoritetaan noin 5 vuoden välein (Tielaitos 1991), mutta materiaalinemikki vähäinen.

- * Silta kestää 60-100 vuotta, jonka aikana 2 peruskorjausta. Korjaukset jätetty laskematta, koska korjausten materiaalimenekki on hyvin vähäistä.
- * Kaluston polttoaineen kulutukseen on laskettu aeraus+hiekkoitus+suolaus, yhteensä vuodessa 22 000 km (arvio).
- * Bitumille ei ole omaa kerrointa, siksi kerroin on kevyen polttoöljyn kerroin, joka Wuppertal-instituutin mukaan vastaa lähimmin bitumia.
- * Vuosisadanta on laskettu vain moottoritien osalta -ei hankkeen vuoksi käsitellyiltä esim. yksityisteiltä.
- * REM-menetelmässä vanha + uusi massa, lisäys esim. 20 kg/ m². REMiä voi tehdä enintään kaksi kertaa peräkkäin, jonka jälkeen tehtävä uusi LTA-päällyste.
- * Laattaan tulee 3-4 cm kerroslisäys + vähäisesti tasaukseen.

YHDYSTIEN LUONNONVAROJEN KULUTUKSEN JAKAUTUMINEN

LIITE 11

ALLOKOINTI VÄYLÄKUSTANNUSTEN MUKAAN

YHDYSTIE				
LUONNONVAROJEN KULUTUS henkilöliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>yhdystien elinkaaren materiaalit</i>	31 361 000	4 681 000	267 387 000	385 000
allokointi väyläkustannusten mukaan:				
henkilöliikenne:				
henkilöautot (60,9 %)	19 098 849	2 850 729	162 838 683	234 465
per ajoneuvo (6 052 284 autoa/ 60v.)	3,16	0,47	26,91	0,04
per henkilö (autossa 1,4 hlö:ä)	2,25	0,34	19,22	0,03
linja-autot (2,2 %)	689 942	102 982	5 882 514	8 470
per ajoneuvo (86 461 ajoneuvoa/ 60 v.)	7,98	1,19	68,04	0,10
per henkilö (linja-autossa 13 hlö:ä)	0,61	0,09	5,23	0,01
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>henkilöauton elinkaaren materiaalit</i>	38 004	0	533 006	47 178
per ajettu kilometri (270 000 km)	0,14	0,00	1,97	0,17
per henkilö	0,10	0,00	1,41	0,12
<i>linja-auton elinkaaren materiaalit</i>	447 274	0	5 434 018	723 208
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,45	0,00	5,43	0,72
per henkilö	0,03	0,00	0,42	0,06
YHDYSTIEN LUONNONVAROJEN KULUTUS	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
henkilöautolla	3,30	0,47	28,88	0,21
linja-autolla	8,43	1,19	73,47	0,82
	MI/ henkilökm			
henkilöautolla	2,35	0,34	20,63	0,15
linja-autolla	0,65	0,09	5,65	0,06
LUONNONVAROJEN KULUTUS tavaraliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>yhdystien elinkaaren materiaalit</i>	31 361 000	4 681 000	267 387 000	385 000
allokointi väyläkustannusten mukaan:				
tavaraliikenne:				
pakettiautot (2,0 %)	627 220	93 620	5 347 740	7 700
per ajoneuvo (525 972 ajoneuvoa/ 60 v.)	1,19	0,18	10,17	0,01
kevyet kuorma-autot (14,9 %)	4 672 789	697 469	39 840 663	57 365
per ajoneuvo (262 800 ajoneuvoa/ 60 v.)	17,78	2,65	151,60	0,22
per tavaratonni (7 t)	2,54	0,38	21,66	0,03
puoliperävaunurekat (20,0 %)	6 272 200	936 200	53 477 400	77 000
per ajoneuvo (262 800 ajoneuvoa/ 60 v.)	23,87	3,56	203,49	0,29
per tavaratonni (14 t)	1,70	0,25	14,54	0,02
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>pakettiauton elinkaaren materiaalit</i>	70 228	0	988 662	102 659
per ajettu kilometri (400 000 km)	0,18	0,00	2,47	0,26
<i>kevyen kuorma-auton elinkaaren materiaalit</i>	311 842	0	3 873 554	462 828
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,31	0,00	3,87	0,46

per tavaratonni	0,04	0,00	0,55	0,07
<i>puoliperävaunurekan elinkaaren materiaalit</i>	580 337	0	6 773 274	887 139
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,58	0,00	6,77	0,89
per tavaratonni	0,04	0,00	0,48	0,06
YHDYSTIEN LUONNONVAROJEN KULUTUS	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
pakettiautolla	1,37	0,18	12,64	0,26
kevyellä kuorma-autolla	18,09	2,65	155,47	0,68
puoliperävaunurekalla	24,45	3,56	210,26	1,18
	MI/ tonnism			
kevyellä kuorma-autolla	2,58	0,38	22,21	0,10
puoliperävaunurekalla	1,75	0,25	15,02	0,08

ALLOKOINTI BRUTTOPAINON MUKAAN

YHDYSTIE				
LUONNONVAROJEN KULUTUS henkilöliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>yhdystien elinkaaren materiaalit</i>	31 361 000	4 681 000	267 387 000	385 000
allokointi bruttopainojen mukaan:				
henkilöliikenne:				
henkilöautot (37,3 %)	11 697 653	1 746 013	99 735 351	143 605
per ajoneuvo (6 052 284 autoa/ 60v.)	1,93	0,29	16,48	0,02
per henkilö (autossa 1,4 hlö:ä)	1,38	0,21	11,77	0,02
linja-autot (5,5 %)	1 724 855	257 455	14 706 285	21 175
per ajoneuvo (86 461 ajoneuvoa/ 60 v.)	19,95	2,98	170,09	0,24
per henkilö (linja-autossa 13 hlö:ä)	1,53	0,23	13,08	0,02
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>henkilöauton elinkaaren materiaalit</i>	38 004	0	533 006	47 178
per ajettu kilometri (270 000 km)	0,14	0,00	1,97	0,17
per henkilö	0,10	0,00	1,41	0,12
<i>linja-auton elinkaaren materiaalit</i>	447 274	0	5 434 018	723 208
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,45	0,00	5,43	0,72
per henkilö	0,03	0,00	0,42	0,06
YHDYSTIEN LUONNONVAROJEN KULUTUS	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
henkilöautolla	2,07	0,29	18,45	0,20
linja-autolla	20,40	2,98	175,53	0,97
	MI/ henkilökm			
henkilöautolla	1,48	0,21	13,18	0,14
linja-autolla	1,57	0,23	13,50	0,07
LUONNONVAROJEN KULUTUS tavaraliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>yhdystien elinkaaren materiaalit</i>	31 361 000	4 681 000	267 387 000	385 000
allokointi bruttopainojen mukaan:				
tavaraliikenne:				
pakettiautot (6,5 %)	2 038 465	304 265	17 380 155	25 025
per ajoneuvo (525 972 ajoneuvoa/ 60 v.)	3,88	0,58	33,04	0,05
kevyet kuorma-autot (18,3 %)	5 739 063	856 623	48 931 821	70 455
per ajoneuvo (262 800 ajoneuvoa/ 60 v.)	21,84	3,26	186,19	0,27

per tavaratonni (7 t)	3,12	0,47	26,60	0,04
puoliperävaunurekat (32,4 %)	10 160 964	1 516 644	86 633 388	124 740
per ajoneuvo (262 800 ajoneuvoa/ 60 v.)	38,66	5,77	329,66	0,47
per tavaratonni (14 t)	2,76	0,41	23,55	0,03
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>pakettiauton elinkaaren materiaalit</i>	70 228	0	988 662	102 659
per ajettu kilometri (400 000 km)	0,18	0,00	2,47	0,26
<i>kevyen kuorma-auton elinkaaren materiaalit</i>	311 842	0	3 873 554	462 828
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,31	0,00	3,87	0,46
per tavaratonni	0,04	0,00	0,55	0,07
<i>puoliperävaunurekan elinkaaren materiaalit</i>	580 337	0	6 773 274	887 139
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,58	0,00	6,77	0,89
per tavaratonni	0,04	0,00	0,48	0,06
YHDYSTIEN LUONNONVAROJEN KULUTUS	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
pakettiautolla	4,05	0,58	35,52	0,26
kevyellä kuorma-autolla	22,15	3,26	190,07	0,73
puoliperävaunurekalla	39,24	5,77	336,43	1,36
	MI/ tonnism			
kevyellä kuorma-autolla	3,16	0,47	27,15	0,10
puoliperävaunurekalla	2,80	0,41	24,03	0,10

ALLOKOINTI AJONEUVOJEN MÄÄRÄN MUKAAN

YHDYSTIE				
LUONNONVAROJEN KULUTUS henkilöliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>yhdystien elinkaaren materiaalit</i>	31 361 000	4 681 000	267 387 000	385 000
allokointi ajoneuvojen määrän mukaan:				
henkilöliikenne:				
henkilöautot (84,1 %)	26 374 601	3 936 721	224 872 467	323 785
per ajoneuvo (6 052 284 autoa/ 60v.)	4,36	0,65	37,15	0,05
per henkilö (autossa 1,4 hlö:ä)	3,11	0,46	26,54	0,04
linja-autot (1,2 %)	376 332	56 172	3 208 644	4 620
per ajoneuvo (86 461 ajoneuvoa/ 60 v.)	4,35	0,65	37,11	0,05
per henkilö (linja-autossa 13 hlö:ä)	0,33	0,05	2,85	0,00
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>henkilöauton elinkaaren materiaalit</i>	38 004	0	533 006	47 178
per ajettu kilometri (270 000 km)	0,14	0,00	1,97	0,17
per henkilö	0,10	0,00	1,41	0,12
<i>linja-auton elinkaaren materiaalit</i>	447 274	0	5 434 018	723 208
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,45	0,00	5,43	0,72
per henkilö	0,03	0,00	0,42	0,06
YHDYSTIEN LUONNONVAROJEN KULUTUS	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
henkilöautolla	4,50	0,65	39,13	0,23
linja-autolla	4,80	0,65	42,54	0,78
	MI/ henkilökm			
henkilöautolla	3,21	0,46	27,95	0,16
linja-autolla	0,37	0,05	3,27	0,06

LUONNONVAROJEN KULUTUS tavaraliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>yhdistysten elinkaaren materiaalit</i>	31 361 000	4 681 000	267 387 000	385 000
allokointi ajoneuvojen määrän mukaan:				
tavaraliikenne:				
pakettiautot (7,3 %)	2 289 353	341 713	19 519 251	28 105
per ajoneuvo (525 972 ajoneuvoa/ 60 v.)	4,35	0,65	37,11	0,05
kevyet kuorma-autot (3,7 %)	1 160 357	173 197	9 893 319	14 245
per ajoneuvo (262 800 ajoneuvoa/ 60 v.)	4,42	0,66	37,65	0,05
per tavaratonni (7 t)	0,63	0,09	5,38	0,01
puoliperävaunurekat (3,7 %)	1 160 357	173 197	9 893 319	14 245
per ajoneuvo (262 800 ajoneuvoa/ 60 v.)	4,42	0,66	37,65	0,05
per tavaratonni (14 t)	0,32	0,05	2,69	0,00
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>pakettiauton elinkaaren materiaalit</i>	70 228	0	988 662	102 659
per ajettu kilometri (400 000 km)	0,18	0,00	2,47	0,26
<i>kevyen kuorma-auton elinkaaren materiaalit</i>	311 842	0	3 873 554	462 828
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,31	0,00	3,87	0,46
per tavaratonni	0,04	0,00	0,55	0,07
<i>puoliperävaunurekan elinkaaren materiaalit</i>	580 337	0	6 773 274	887 139
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,58	0,00	6,77	0,89
per tavaratonni	0,04	0,00	0,48	0,06
YHDYSTIEN LUONNONVAROJEN KULUTUS				
	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
pakettiautolla	4,53	0,65	39,58	0,26
kevyellä kuorma-autolla	4,73	0,66	41,52	0,52
puoliperävaunurekalla	5,00	0,66	44,42	0,94
	MI/ tonnism			
kevyellä kuorma-autolla	0,68	0,09	5,93	0,07
puoliperävaunurekalla	0,36	0,05	3,17	0,07

SEUTUTIEN LUONNONVAROJEN KULUTUKSEN JAKAUTUMINEN

ALLOKOINTI VÄYLÄKUSTANNUSTEN MUKAAN

SEUTUTIE				
LUONNONVAROJEN KULUTUS henkilöliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>seututien elinkaaren materiaalit</i>	52 969 000	4 467 000	284 908 000	554 000
allokointi väyläkustannusten mukaan:				
henkilöliikenne:				
henkilöautot (60,9 %)	32 258 121	2 720 403	173 508 972	337 386
per ajoneuvo (23 630 166 autoa/ 60v.)	1,37	0,12	7,34	0,01
per henkilö (autossa 1,4 hlö:ä)	0,98	0,08	5,24	0,01
linja-autot (2,2 %)	1 165 318	98 274	6 267 976	12 188
per ajoneuvo (337 172 ajoneuvoa/ 60 v.)	3,46	0,29	18,59	0,04
per henkilö (linja-autossa 13 hlö:ä)	0,27	0,02	1,43	0,00
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>henkilöauton elinkaaren materiaalit</i>	38 004	0	533 006	47 178

per ajettu kilometri (270 000 km)	0,14	0,00	1,97	0,17
per henkilö	0,10	0,00	1,41	0,12
<i>linja-auton elinkaaren materiaalit</i>	447 274	0	5 434 018	723 208
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,45	0,00	5,43	0,72
per henkilö	0,03	0,00	0,42	0,06
SEUTUTIEN LUONNONVAROJEN KULUTUS	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
henkilöautolla	1,51	0,12	9,32	0,19
linja-autolla	3,90	0,29	24,02	0,76
	MI/ henkilökm			
henkilöautolla	1,08	0,08	6,65	0,14
linja-autolla	0,30	0,02	1,85	0,06
LUONNONVAROJEN KULUTUS tavaraliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>seututien elinkaaren materiaalit</i>	52 969 000	4 467 000	284 908 000	554 000
allokointi väyläkustannusten mukaan:				
tavaraliikenne:				
pakettiautot (2,0 %)	1 059 380	89 340	5 698 160	11 080
per ajoneuvo (2 051 132 ajoneuvoa/ 60 v.)	0,52	0,04	2,78	0,01
kevyet kuorma-autot (11,9 %)	6 303 311	531 573	33 904 052	65 926
per ajoneuvo (1 007 400 ajoneuvoa/ 60 v.)	6,26	0,53	33,66	0,07
per tavaratonni (7 t)	0,89	0,08	4,81	0,01
puoliperävaunurekat (11,0 %)	5 826 590	491 370	31 339 880	60 940
per ajoneuvo (657 000 ajoneuvoa/ 60 v.)	8,87	0,75	47,70	0,09
per tavaratonni (14 t)	0,63	0,05	3,41	0,01
täysperävaunurekat (12,0 %)	6 356 280	536 040	34 188 960	66 480
per ajoneuvo (416 100 ajoneuvoa/ 60 v.)	15,28	1,29	82,17	0,16
per tavaratonni (21 t)	0,73	0,06	3,91	0,01
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>pakettiauton elinkaaren materiaalit</i>	70 228	0	988 662	102 659
per ajettu kilometri (400 000 km)	0,18	0,00	2,47	0,26
<i>kevyen kuorma-auton elinkaaren materiaalit</i>	311 842	0	3 873 554	462 828
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,31	0,00	3,87	0,46
per tavaratonni	0,04	0,00	0,55	0,07
<i>puoliperävaunurekan elinkaaren materiaalit</i>	580 337	0	6 773 274	887 139
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,58	0,00	6,77	0,89
per tavaratonni	0,04	0,00	0,48	0,06
<i>täysperävaunurekan elinkaaren materiaalit</i>	650 747	0	7 822 904	897 381
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,65	0,00	7,82	0,90
per tavaratonni	0,03	0,00	0,37	0,04
SEUTUTIEN LUONNONVAROJEN KULUTUS	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
pakettiautolla	0,69	0,04	5,25	0,26
kevyellä kuorma-autolla	6,57	0,53	37,53	0,53
puoliperävaunurekalla	9,45	0,75	54,47	0,98
täysperävaunurekalla	15,93	1,29	89,99	1,06
	MI/ tonnism			
kevyellä kuorma-autolla	0,94	0,08	5,36	0,08
puoliperävaunurekalla	0,67	0,05	3,89	0,07
täysperävaunurekalla	0,76	0,06	4,29	0,05

ALLOKOINTI BRUTTOPAINON MUKAAN

SEUTUTIE				
-----------------	--	--	--	--

LUONNONVAROJEN KULUTUS henkilöliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>seututien elinkaaren materiaalit</i>	52 969 000	4 467 000	284 908 000	554 000
allokointi bruttopainojen mukaan:				
henkilöliikenne:				
henkilöautot (34,9 %)	18 486 181	1 558 983	99 432 892	193 346
per ajoneuvo (23 630 166 autoa/ 60v.)	0,78	0,07	4,21	0,01
per henkilö (autossa 1,4 hlö:ä)	0,56	0,05	3,01	0,01
linja-autot (5,1 %)	2 701 419	227 817	14 530 308	28 254
per ajoneuvo (337 172 ajoneuvoa/ 60 v.)	8,01	0,68	43,09	0,08
per henkilö (linja-autossa 13 hlö:ä)	0,62	0,05	3,31	0,01
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>henkilöauton elinkaaren materiaalit</i>	38 004	0	533 006	47 178
per ajettu kilometri (270 000 km)	0,14	0,00	1,97	0,17
per henkilö	0,10	0,00	1,41	0,12
<i>linja-auton elinkaaren materiaalit</i>	447 274	0	5 434 018	723 208
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,45	0,00	5,43	0,72
per henkilö	0,03	0,00	0,42	0,06
SEUTUTIEN LUONNONVAROJEN KULUTUS				
	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
henkilöautolla	0,92	0,07	6,18	0,18
linja-autolla	8,46	0,68	48,53	0,81
	MI/ henkilökm			
henkilöautolla	0,66	0,05	4,42	0,13
linja-autolla	0,65	0,05	3,73	0,06
LUONNONVAROJEN KULUTUS tavaraliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>seututien elinkaaren materiaalit</i>	52 969 000	4 467 000	284 908 000	554 000
allokointi bruttopainojen mukaan:				
tavaraliikenne:				
pakettiautot (6,1 %)	3 231 109	272 487	17 379 388	33 794
per ajoneuvo (2 051 132 ajoneuvoa/ 60 v.)	1,58	0,13	8,47	0,02
kevyet kuorma-autot (16,9 %)	8 951 761	754 923	48 149 452	93 626
per ajoneuvo (1 007 400 ajoneuvoa/ 60 v.)	8,89	0,75	47,80	0,09
per tavaratonni (7 t)	1,27	0,11	6,83	0,01
puoliperävaunurekat (19,4 %)	10 275 986	866 598	55 272 152	107 476
per ajoneuvo (657 000 ajoneuvoa/ 60 v.)	15,64	1,32	84,13	0,16
per tavaratonni (14 t)	1,12	0,09	6,01	0,01
täysperävaunurekat (17,6 %)	9 322 544	786 192	50 143 808	97 504
per ajoneuvo (416 100 ajoneuvoa/ 60 v.)	22,40	1,89	120,51	0,23
per tavaratonni (21 t)	1,07	0,09	5,74	0,01
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>pakettiauton elinkaaren materiaalit</i>	70 228	0	988 662	102 659
per ajettu kilometri (400 000 km)	0,18	0,00	2,47	0,26
<i>kevyen kuorma-auton elinkaaren materiaalit</i>	311 842	0	3 873 554	462 828
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,31	0,00	3,87	0,46
per tavaratonni	0,04	0,00	0,55	0,07
<i>puoliperävaunurekan elinkaaren materiaalit</i>	580 337	0	6 773 274	887 139
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,58	0,00	6,77	0,89

per tavaratonni	0,04	0,00	0,48	0,06
<i>täysperävaunurekan elinkaaren materiaalit</i>	650 747	0	7 822 904	897 381
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,65	0,00	7,82	0,90
per tavaratonni	0,03	0,00	0,37	0,04
SEUTUTIEN LUONNONVAROJEN KULUTUS	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
pakettiautolla	1,75	0,13	10,94	0,27
kevyellä kuorma-autolla	9,20	0,75	51,67	0,56
puoliperävaunurekalla	16,22	1,32	90,90	1,05
täysperävaunurekalla	23,06	1,89	128,33	1,13
	MI/ tonnism			
kevyellä kuorma-autolla	1,31	0,11	7,38	0,08
puoliperävaunurekalla	1,16	0,09	6,49	0,08
täysperävaunurekalla	1,10	0,09	6,11	0,05

ALLOKOINTI AJONEUVOJEN MÄÄRÄN MUKAAN

SEUTUTIE				
LUONNONVAROJEN KULUTUS henkilöliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>seututien elinkaaren materiaalit</i>	52 969 000	4 467 000	284 908 000	554 000
allokointi ajoneuvojen määrän mukaan:				
henkilöliikenne:				
henkilöautot (84,1 %)	44 546 929	3 756 747	239 607 628	465 914
per ajoneuvo (23 630 166 autoa/ 60v.)	1,89	0,16	10,14	0,02
per henkilö (autossa 1,4 hlö:ä)	1,35	0,11	7,24	0,01
linja-autot (1,2 %)	635 628	53 604	3 418 896	6 648
per ajoneuvo (337 172 ajoneuvoa/ 60 v.)	1,89	0,16	10,14	0,02
per henkilö (linja-autossa 13 hlö:ä)	0,15	0,01	0,78	0,00
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>henkilöauton elinkaaren materiaalit</i>	38 004	0	533 006	47 178
per ajettu kilometri (270 000 km)	0,14	0,00	1,97	0,17
per henkilö	0,10	0,00	1,41	0,12
<i>linja-auton elinkaaren materiaalit</i>	447 274	0	5 434 018	723 208
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,45	0,00	5,43	0,72
per henkilö	0,03	0,00	0,42	0,06
SEUTUTIEN LUONNONVAROJEN KULUTUS	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
henkilöautolla	2,03	0,16	12,11	0,19
linja-autolla	2,33	0,16	15,57	0,74
	MI/ henkilökm			
henkilöautolla	1,45	0,11	8,65	0,14
linja-autolla	0,18	0,01	1,20	0,06
LUONNONVAROJEN KULUTUS tavaraliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>seututien elinkaaren materiaalit</i>	52 969 000	4 467 000	284 908 000	554 000
allokointi ajoneuvojen määrän mukaan:				
tavaraliikenne:				
pakettiautot (7,3 %)	3 866 737	326 091	20 798 284	40 442
per ajoneuvo (2 051 132 ajoneuvoa/ 60 v.)	1,89	0,16	10,14	0,02

kevyet kuorma-autot (3,6 %)	1 906 884	160 812	10 256 688	19 944
per ajoneuvo (1 007 400 ajoneuvoa/ 60 v.)	1,89	0,16	10,18	0,02
per tavaratonni (7 t)	0,27	0,02	1,45	0,00
puoliperävaunurekat (2,3 %)	1 218 287	102 741	6 552 884	12 742
per ajoneuvo (657 000 ajoneuvoa/ 60 v.)	1,85	0,16	9,97	0,02
per tavaratonni (14 t)	0,13	0,01	0,71	0,00
täysperävaunurekat (1,5 %)	794 535	67 005	4 273 620	8 310
per ajoneuvo (416 100 ajoneuvoa/ 60 v.)	1,91	0,16	10,27	0,02
per tavaratonni (21 t)	0,09	0,01	0,49	0,00
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>pakettiauton elinkaaren materiaalit</i>	70 228	0	988 662	102 659
per ajettu kilometri (400 000 km)	0,18	0,00	2,47	0,26
<i>kevyen kuorma-auton elinkaaren materiaalit</i>	311 842	0	3 873 554	462 828
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,31	0,00	3,87	0,46
per tavaratonni	0,04	0,00	0,55	0,07
<i>puoliperävaunurekan elinkaaren materiaalit</i>	580 337	0	6 773 274	887 139
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,58	0,00	6,77	0,89
per tavaratonni	0,04	0,00	0,48	0,06
<i>täysperävaunurekan elinkaaren materiaalit</i>	650 747	0	7 822 904	897 381
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,65	0,00	7,82	0,90
per tavaratonni	0,03	0,00	0,37	0,04
SEUTUTIEN LUONNONVAROJEN KULUTUS				
	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
pakettiautolla	2,06	0,16	12,61	0,28
kevyellä kuorma-autolla	2,20	0,16	14,05	0,48
puoliperävaunurekalla	2,43	0,16	16,75	0,91
täysperävaunurekalla	2,56	0,16	18,09	0,92
	MI/ tonnism			
kevyellä kuorma-autolla	0,31	0,02	2,01	0,07
puoliperävaunurekalla	0,17	0,01	1,20	0,06
täysperävaunurekalla	0,12	0,01	0,86	0,04

VALTATIENTIEN LUONNONVAROJEN KULUTUKSEN JAKAUTUMINEN

ALLOKOINTI VÄYLÄKUSTANNUSTEN MUKAAN

VALTATIE				
LUONNONVAROJEN KULUTUS henkilöliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>valtatien elinkaaren materiaalit</i>	131 398 000	4 070 000	649 125 000	1 204 000
allokointi väyläkustannusten mukaan:				
henkilöliikenne:				
henkilöautot (57,9 %)	76 079 442	2 356 530	375 843 375	697 116
per ajoneuvo (75 587 062 autoa/ 60v.)	1,01	0,03	4,97	0,01
per henkilö (autossa 1,4 hlö:ä)	0,72	0,02	3,55	0,01
linja-autot (2,3 %)	3 022 154	93 610	14 929 875	27 692
per ajoneuvo (1 078 531 ajoneuvoa/ 60 v.)	2,80	0,09	13,84	0,03
per henkilö (linja-autossa 13 hlö:ä)	0,22	0,01	1,06	0,00
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>henkilöauton elinkaaren materiaalit</i>	38 004	0	533 006	47 178
per ajettu kilometri (270 000 km)	0,14	0,00	1,97	0,17
per henkilö	0,10	0,00	1,41	0,12

<i>linja-auton elinkaaren materiaalit</i>	447 274	0	5 434 018	723 208
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,45	0,00	5,43	0,72
per henkilö	0,03	0,00	0,42	0,06
VALTATIE	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
henkilöautolla	1,15	0,03	6,95	0,18
linja-autolla	3,25	0,09	19,28	0,75
	MI/ henkilökm			
henkilöautolla	0,82	0,02	4,96	0,13
linja-autolla	0,25	0,01	1,48	0,06
LUONNONVAROJEN KULUTUS tavaraliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>valtatie elinkaaren materiaalit</i>	131 398 000	4 070 000	649 125 000	1 204 000
allokointi väyläkustannusten mukaan:				
tavaraliikenne:				
pakettiautot (2 %)	2 627 960	81 400	12 982 500	24 080
per ajoneuvo (6 561 065 ajoneuvoa/ 60 v.)	0,40	0,01	1,98	0,00
kevyet kuorma-autot (10,8 %)	14 190 984	439 560	70 105 500	130 032
per ajoneuvo (2 696 328 ajoneuvoa/ 60 v.)	5,26	0,16	26,00	0,05
per tavaratonni (7 t)	0,75	0,02	3,71	0,01
puoliperävaunurekat (12 %)	15 767 760	488 400	77 895 000	144 480
per ajoneuvo (1 977 307 ajoneuvoa/ 60 v.)	7,97	0,25	39,39	0,07
per tavaratonni (14 t)	0,57	0,02	2,81	0,01
täysperävaunurekat (15 %)	19 709 700	610 500	97 368 750	180 600
per ajoneuvo (1 977 307 ajoneuvoa/ 60 v.)	9,97	0,31	49,24	0,09
per tavaratonni (21 t)	0,47	0,01	2,34	0,00
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>pakettiauton elinkaaren materiaalit</i>	70 228	0	988 662	102 659
per ajettu kilometri (400 000 km)	0,18	0,00	2,47	0,26
<i>kevyen kuorma-auton elinkaaren materiaalit</i>	311 842	0	3 873 554	462 828
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,31	0,00	3,87	0,46
per tavaratonni	0,04	0,00	0,55	0,07
<i>puoliperävaunun elinkaaren materiaalit</i>	580 337	0	6 773 274	887 139
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,58	0,00	6,77	0,89
per tavaratonni	0,04	0,00	0,48	0,06
<i>täysperävaunun elinkaaren materiaalit</i>	650 747	0	7 822 904	897 381
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,65	0,00	7,82	0,90
per tavaratonni	0,03	0,00	0,37	0,04
VALTATIE	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
pakettiautolla	0,58	0,01	4,45	0,26
kevyellä kuorma-autolla	5,57	0,16	29,87	0,51
puoliperävaunurekalla	8,55	0,25	46,17	0,96
täysperävaunurekalla	10,62	0,31	57,07	0,99
	MI/ tonnism			
kevyellä kuorma-autolla	0,80	0,02	4,27	0,07
puoliperävaunurekalla	0,61	0,02	3,30	0,07
täysperävaunurekalla	0,51	0,01	2,72	0,05

ALLOKOINTI BRUTTOPAINON MUKAAN

VALTATIE				
LUONNONVAROJEN KULUTUS henkilöliikenteessä				

tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>valtatie elinkaaren materiaalit</i>	131 398 000	4 070 000	649 125 000	1 204 000
allokointi bruttopainojen mukaan:				
henkilöliikenne:				
henkilöautot (33,3 %)	43 755 534	1 355 310	216 158 625	400 932
per ajoneuvo (75 587 062 autoa/ 60v.)	0,58	0,02	2,86	0,01
per henkilö (autossa 1,4 hlö:ä)	0,41	0,01	2,04	0,00
linja-autot (4,9 %)	6 438 502	199 430	31 807 125	58 996
per ajoneuvo (1 078 531 ajoneuvoa/ 60 v.)	5,97	0,18	29,49	0,05
per henkilö (linja-autossa 13 hlö:ä)	0,46	0,01	2,27	0,00
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>henkilöauton elinkaaren materiaalit</i>	38 004	0	533 006	47 178
per ajettu kilometri (270 000 km)	0,14	0,00	1,97	0,17
per henkilö	0,10	0,00	1,41	0,12
<i>linja-auton elinkaaren materiaalit</i>	447 274	0	5 434 018	723 208
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,45	0,00	5,43	0,72
per henkilö	0,03	0,00	0,42	0,06
VALTATIE LUONNONVAROJEN KULUTUS	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
henkilöautolla	0,72	0,02	4,83	0,18
linja-autolla	6,42	0,18	34,93	0,78
	MI/ henkilökm			
henkilöautolla	0,51	0,01	3,45	0,13
linja-autolla	0,49	0,01	2,69	0,06
LUONNONVAROJEN KULUTUS tavaraliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>valtatie elinkaaren materiaalit</i>	131 398 000	4 070 000	649 125 000	1 204 000
allokointi bruttopainojen mukaan:				
tavaraliikenne:				
pakettiautot (5,8 %)	7 621 084	236 060	37 649 250	69 832
per ajoneuvo (6 561 065 ajoneuvoa/ 60 v.)	1,16	0,04	5,74	0,01
kevyet kuorma-autot (13,5 %)	17 738 730	549 450	87 631 875	162 540
per ajoneuvo (2 696 328 ajoneuvoa/ 60 v.)	6,58	0,20	32,50	0,06
per tavaratonni (7 t)	0,94	0,03	4,64	0,01
puoliperävaunurekat (17,5 %)	22 994 650	712 250	113 596 875	210 700
per ajoneuvo (1 977 307 ajoneuvoa/ 60 v.)	11,63	0,36	57,45	0,11
per tavaratonni (14 t)	0,83	0,03	4,10	0,01
täysperävaunurekat (25 %)	32 849 500	1 017 500	162 281 250	301 000
per ajoneuvo (1 977 307 ajoneuvoa/ 60 v.)	16,61	0,51	82,07	0,15
per tavaratonni (21 t)	0,79	0,02	3,91	0,01
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>pakettiauton elinkaaren materiaalit</i>	70 228	0	988 662	102 659
per ajettu kilometri (400 000 km)	0,18	0,00	2,47	0,26
<i>kevyen kuorma-auton elinkaaren materiaalit</i>	311 842	0	3 873 554	462 828
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,31	0,00	3,87	0,46
per tavaratonni	0,04	0,00	0,55	0,07
<i>puoliperävaunurekan elinkaaren materiaalit</i>	580 337	0	6 773 274	887 139
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,58	0,00	6,77	0,89
per tavaratonni	0,04	0,00	0,48	0,06
<i>täysperävaunurekan elinkaaren materiaalit</i>	650 747	0	7 822 904	897 381

per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,65	0,00	7,82	0,90
per tavaratonni	0,03	0,00	0,37	0,04
VALTATIE	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
pakettiautolla	1,34	0,04	8,21	0,27
kevyellä kuorma-autolla	6,89	0,20	36,37	0,52
puoliperävaunurekalla	12,21	0,36	64,22	0,99
täysperävaunurekalla	17,26	0,51	89,89	1,05
	MI/ tonnism			
kevyellä kuorma-autolla	0,98	0,03	5,20	0,07
puoliperävaunurekalla	0,87	0,03	4,59	0,07
täysperävaunurekalla	0,82	0,02	4,28	0,05

ALLOKOINTI AJONEUVOJEN MÄÄRÄN MUKAAN

VALTATIE				
LUONNONVAROJEN KULUTUS henkilöliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>valtatien elinkaaren materiaalit</i>	131 398 000	4 070 000	649 125 000	1 204 000
allokointi ajoneuvojen määrän mukaan:				
henkilöliikenne:				
henkilöautot (84,1 %)	110 505 718	3 422 870	545 914 125	1 012 564
per ajoneuvo (75 587 062 autoa/ 60v.)	1,46	0,05	7,22	0,01
per henkilö (autossa 1,4 hlö:ä)	1,04	0,03	5,16	0,01
linja-autot (1,2 %)	1 576 776	48 840	7 789 500	14 448
per ajoneuvo (1 078 531 ajoneuvoa/ 60 v.)	1,46	0,05	7,22	0,01
per henkilö (linja-autossa 13 hlö:ä)	0,11	0,00	0,56	0,00
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>henkilöauton elinkaaren materiaalit</i>	38 004	0	533 006	47 178
per ajettu kilometri (270 000 km)	0,14	0,00	1,97	0,17
per henkilö	0,10	0,00	1,41	0,12
<i>linja-auton elinkaaren materiaalit</i>	447 274	0	5 434 018	723 208
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,45	0,00	5,43	0,72
per henkilö	0,03	0,00	0,42	0,06
VALTATIE	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
henkilöautolla	1,60	0,05	9,20	0,19
linja-autolla	1,91	0,05	12,66	0,74
	MI/ henkilökm			
henkilöautolla	1,14	0,03	6,57	0,13
linja-autolla	0,15	0,00	0,97	0,06
LUONNONVAROJEN KULUTUS tavaraliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>valtatien elinkaaren materiaalit</i>	131 398 000	4 070 000	649 125 000	1 204 000
allokointi ajoneuvojen määrän mukaan:				
tavaraliikenne:				
pakettiautot (7,3 %)	9 592 054	297 110	47 386 125	87 892
per ajoneuvo (6 561 065 ajoneuvoa/ 60 v.)	1,46	0,05	7,22	0,01
kevyet kuorma-autot (3 %)	3 941 940	122 100	19 473 750	36 120
per ajoneuvo (2 696 328 ajoneuvoa/ 60 v.)	1,46	0,05	7,22	0,01

per tavaratonni (7 t)	0,21	0,01	1,03	0,00
puoliperävaunurekat (2,2 %)	2 890 756	89 540	14 280 750	26 488
per ajoneuvo (1 977 307 ajoneuvoa/ 60 v.)	1,46	0,05	7,22	0,01
per tavaratonni (14 t)	0,10	0,00	0,52	0,00
täysperävaunurekat (2,2 %)	2 890 756	89 540	14 280 750	26 488
per ajoneuvo (1 977 307 ajoneuvoa/ 60 v.)	1,46	0,05	7,22	0,01
per tavaratonni (21 t)	0,07	0,00	0,34	0,00
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>pakettiauton elinkaaren materiaalit</i>	70 228	0	988 662	102 659
per ajettu kilometri (400 000 km)	0,18	0,00	2,47	0,26
<i>kevyen kuorma-auton elinkaaren materiaalit</i>	311 842	0	3 873 554	462 828
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,31	0,00	3,87	0,46
per tavaratonni	0,04	0,00	0,55	0,07
<i>puoliperävaunurekan elinkaaren materiaalit</i>	580 337	0	6 773 274	887 139
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,58	0,00	6,77	0,89
per tavaratonni	0,04	0,00	0,48	0,06
<i>täysperävaunurekan elinkaaren materiaalit</i>	650 747	0	7 822 904	897 381
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,65	0,00	7,82	0,90
per tavaratonni	0,03	0,00	0,37	0,04
VALTATIE LUONNONVAROJEN KULUTUS				
	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
pakettiautolla	1,64	0,05	9,69	0,27
kevyellä kuorma-autolla	1,77	0,05	11,10	0,48
puoliperävaunurekalla	2,04	0,05	14,00	0,90
täysperävaunurekalla	2,11	0,05	15,05	0,91
	MI/ tonnism			
kevyellä kuorma-autolla	0,25	0,01	1,59	0,07
puoliperävaunurekalla	0,15	0,00	1,00	0,06
täysperävaunurekalla	0,10	0,00	0,72	0,04

MOOTTORITIE LUONNONVAROJEN KULUTUKSEN JAKAUTUMINEN

ALLOKOINTI VÄYLÄKUSTANNUSTEN MUKAAN

MOOTTORITIE				
LUONNONVAROJEN KULUTUS henkilöliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>moottoritien elinkaaren materiaalit</i>	687 938 000	18 580 000	995 483 000	2 548 000
allokointi väyläkustannusten mukaan:				
henkilöliikenne:				
henkilöautot (59,6 %)	410 011 048	11 073 680	593 307 868	1 518 608
per ajoneuvo (379 795 516 autoa/ 60v.)	1,08	0,03	1,56	0,00
per henkilö (autossa 1,4 hlö:ä)	0,77	0,02	1,12	0,00
linja-autot (2,0 %)	13 758 760	371 600	19 909 660	50 960
per ajoneuvo (5 419 199 ajoneuvoa/ 60 v.)	2,54	0,07	3,67	0,01
per henkilö (linja-autossa 13 hlö:ä)	0,20	0,01	0,28	0,00
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>henkilöauton elinkaaren materiaalit</i>	38 004	0	533 006	47 178
per ajettu kilometri (270 000 km)	0,14	0,00	1,97	0,17
per henkilö	0,10	0,00	1,41	0,12
<i>linja-auton elinkaaren materiaalit</i>	447 274	0	5 434 018	723 208
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,45	0,00	5,43	0,72

per henkilö	0,03	0,00	0,42	0,06
MOOTTORITIE LUONNONVAROJEN KULUTUS	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
henkilöautolla	1,22	0,03	3,54	0,18
linja-autolla	2,99	0,07	9,11	0,73
	MI/ henkilökm			
henkilöautolla	0,87	0,02	2,53	0,13
linja-autolla	0,23	0,01	0,70	0,06
LUONNONVAROJEN KULUTUS tavaraliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>moottoritien elinkaaren materiaalit</i>	687 938 000	18 580 000	995 483 000	2 548 000
allokointi väyläkustannusten mukaan:				
tavaraliikenne:				
pakettiautot (2,0 %)	13 758 760	371 600	19 909 660	50 960
per ajoneuvo (32 966 793 ajoneuvoa/ 60 v.)	0,42	0,01	0,60	0,00
kevyet kuorma-autot (8,4 %)	57 786 792	1 560 720	83 620 572	214 032
per ajoneuvo (10 030 200 ajoneuvoa/ 60 v.)	5,76	0,16	8,34	0,02
per tavaratonni (7 t)	0,82	0,02	1,19	0,00
puoliperävaunurekat (10,0 %)	68 793 800	1 858 000	99 548 300	254 800
per ajoneuvo (6 679 500 ajoneuvoa/ 60 v.)	10,30	0,28	14,90	0,04
per tavaratonni (14 t)	0,74	0,02	1,06	0,00
täysperävaunurekat (18,0 %)	123 828 840	3 344 400	179 186 940	458 640
per ajoneuvo (16 709 700 ajoneuvoa/ 60 v.)	7,41	0,20	10,72	0,03
per tavaratonni (21 t)	0,35	0,01	0,51	0,00
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>pakettiauton elinkaaren materiaalit</i>	70 228	0	988 662	102 659
per ajettu kilometri (400 000 km)	0,18	0,00	2,47	0,26
<i>kevyen kuorma-auton elinkaaren materiaalit</i>	311 842	0	3 873 554	462 828
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,31	0,00	3,87	0,46
per tavaratonni	0,04	0,00	0,55	0,07
<i>puoliperävaunurekan elinkaaren materiaalit</i>	580 337	0	6 773 274	887 139
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,58	0,00	6,77	0,89
per tavaratonni	0,04	0,00	0,48	0,06
<i>täysperävaunurekan elinkaaren materiaalit</i>	650 747	0	7 822 904	897 381
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,65	0,00	7,82	0,90
per tavaratonni	0,03	0,00	0,37	0,04
MOOTTORITIE LUONNONVAROJEN KULUTUS	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
pakettiautolla	0,59	0,01	3,08	0,26
kevyellä kuorma-autolla	6,07	0,16	12,21	0,48
puoliperävaunurekalla	10,88	0,28	21,68	0,93
täysperävaunurekalla	8,06	0,20	18,55	0,92
	MI/ tonnikm			
kevyellä kuorma-autolla	0,87	0,02	1,74	0,07
puoliperävaunurekalla	0,78	0,02	1,55	0,07
täysperävaunurekalla	0,38	0,01	0,88	0,04

ALLOKOINTI BRUTTOPAINON MUKAAN

MOOTTORITIE				
LUONNONVAROJEN KULUTUS henkilöliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				

	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>moottoritien elinkaaren materiaalit</i>	687 938 000	18 580 000	995 483 000	2 548 000
allokointi bruttopainojen mukaan:				
henkilöliikenne:				
henkilöautot (30,9 %)	212 572 842	5 741 220	307 604 247	787 332
per ajoneuvo (379 795 516 autoa/ 60v.)	0,56	0,02	0,81	0,00
per henkilö (autossa 1,4 hlö:ä)	0,40	0,01	0,58	0,00
linja-autot (4,6 %)	31 645 148	854 680	45 792 218	117 208
per ajoneuvo (5 419 199 ajoneuvoa/ 60 v.)	5,84	0,16	8,45	0,02
per henkilö (linja-autossa 13 hlö:ä)	0,45	0,01	0,65	0,00
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>henkilöauton elinkaaren materiaalit</i>	38 004	0	533 006	47 178
per ajettu kilometri (270 000 km)	0,14	0,00	1,97	0,17
per henkilö	0,10	0,00	1,41	0,12
<i>linja-auton elinkaaren materiaalit</i>	447 274	0	5 434 018	723 208
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,45	0,00	5,43	0,72
per henkilö	0,03	0,00	0,42	0,06
MOOTTORITIEN LUONNONVAROJEN KULUTUS	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
henkilöautolla	0,70	0,02	2,78	0,18
linja-autolla	6,29	0,16	13,88	0,74
	MI/ henkilökm			
henkilöautolla	0,50	0,01	1,99	0,13
linja-autolla	0,48	0,01	1,07	0,06
LUONNONVAROJEN KULUTUS tavaraliikenteessä				
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>moottoritien elinkaaren materiaalit</i>	687 938 000	18 580 000	995 483 000	2 548 000
allokointi bruttopainojen mukaan:				
tavaraliikenne:				
pakettiautot (5,4 %)	37 148 652	1 003 320	53 756 082	137 592
per ajoneuvo (32 966 793 ajoneuvoa/ 60 v.)	1,13	0,03	1,63	0,00
kevyet kuorma-autot (9,2 %)	63 290 296	1 709 360	91 584 436	234 416
per ajoneuvo (10 030 200 ajoneuvoa/ 60 v.)	6,31	0,17	9,13	0,02
per tavaratonni (7 t)	0,90	0,02	1,30	0,00
puoliperävaunurekat (10,9 %)	74 985 242	2 025 220	108 507 647	277 732
per ajoneuvo (6 679 500 ajoneuvoa/ 60 v.)	11,23	0,30	16,24	0,04
per tavaratonni (14 t)	0,80	0,02	1,16	0,00
täysperävaunurekat (39,0 %)	268 295 820	7 246 200	388 238 370	993 720
per ajoneuvo (16 709 700 ajoneuvoa/ 60 v.)	16,06	0,43	23,23	0,06
per tavaratonni (21 t)	0,76	0,02	1,11	0,00
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>pakettiauton elinkaaren materiaalit</i>	70 228	0	988 662	102 659
per ajettu kilometri (400 000 km)	0,18	0,00	2,47	0,26
<i>kevyen kuorma-auton elinkaaren materiaalit</i>	311 842	0	3 873 554	462 828
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,31	0,00	3,87	0,46
per tavaratonni	0,04	0,00	0,55	0,07
<i>puoliperävaunurekan elinkaaren materiaalit</i>	580 337	0	6 773 274	887 139
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,58	0,00	6,77	0,89
per tavaratonni	0,04	0,00	0,48	0,06
<i>täysperävaunurekan elinkaaren materiaalit</i>	650 747	0	7 822 904	897 381
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,65	0,00	7,82	0,90
per tavaratonni	0,03	0,00	0,37	0,04

MOOTTORITIEEN LUONNONVAROJEN KULUTUS				
	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
pakettiautolla	1,30	0,03	4,10	0,26
kevyellä kuorma-autolla	6,62	0,17	13,00	0,49
puoliperävaunurekalla	11,81	0,30	23,02	0,93
täysperävaunurekalla	16,71	0,43	31,06	0,96
	MI/ tonnikm			
kevyellä kuorma-autolla	0,95	0,02	1,86	0,07
puoliperävaunurekalla	0,84	0,02	1,64	0,07
täysperävaunurekalla	0,80	0,02	1,48	0,05

MOOTTORITIE					
LUONNONVAROJEN KULUTUS henkilöliikenteessä					
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:					
	MI/km				
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)	
moottoritien elinkaaren materiaalit	687 938 000	18 580 000	995 483 000	2 548 000	
allokointi ajoneuvojen määrän mukaan:					
henkilöliikenne:					
henkilöautot (84,1 %)	578 555 858	15 625 780	837 201 203	2 142 868	
per ajoneuvo (379 795 516 autoa/ 60v.)	1,52	0,04	2,20	0,01	
per henkilö (autossa 1,4 hlö:ä)	1,09	0,03	1,57	0,00	
linja-autot (1,2 %)	8 255 256	222 960	11 945 796	30 576	
per ajoneuvo (5 419 199 ajoneuvoa/ 60 v.)	1,52	0,04	2,20	0,01	
per henkilö (linja-autossa 13 hlö:ä)	0,12	0,00	0,17	0,00	
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:					
	MI/km				
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)	
henkilöauton elinkaaren materiaalit	38 004	0	533 006	47 178	
per ajettu kilometri (270 000 km)	0,14	0,00	1,97	0,17	
per henkilö	0,10	0,00	1,41	0,12	
linja-auton elinkaaren materiaalit	447 274	0	5 434 018	723 208	
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,45	0,00	5,43	0,72	
per henkilö	0,03	0,00	0,42	0,06	
MOOTTORITIEJEN LUONNONVAROJEN KULUTUS		MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)	
henkilöautolla	1,66	0,04	4,18	0,18	
linja-autolla	1,97	0,04	7,64	0,73	
	MI/ henkilökm				
henkilöautolla	1,19	0,03	2,98	0,13	
linja-autolla	0,15	0,00	0,59	0,06	
LUONNONVAROJEN KULUTUS tavaraliikenteessä					
tierakenteen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:					
	MI/km				
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)	
moottoritien elinkaaren materiaalit	687 938 000	18 580 000	995 483 000	2 548 000	
allokointi ajoneuvojen määrän mukaan:					
tavaraliikenne:					
pakettiautot (7,3 %)	50 219 474	1 356 340	72 670 259	186 004	
per ajoneuvo (32 966 793 ajoneuvoa/ 60 v.)	1,52	0,04	2,20	0,01	
kevyet kuorma-autot (2,2 %)	15 134 636	408 760	21 900 626	56 056	
per ajoneuvo (10 030 200 ajoneuvoa/ 60 v.)	1,51	0,04	2,18	0,01	
per tavaratonni (7 t)	0,22	0,01	0,31	0,00	
puoliperävaunurekat (1,5 %)	10 319 070	278 700	14 932 245	38 220	

per ajoneuvo (6 679 500 ajoneuvoa/ 60 v.)	1,54	0,04	2,24	0,01
per tavaratonni (14 t)	0,11	0,00	0,16	0,00
täysperävaunurekat (3,7 %)	25 453 706	687 460	36 832 871	94 276
per ajoneuvo (16 709 700 ajoneuvoa/ 60 v.)	1,52	0,04	2,20	0,01
per tavaratonni (21 t)	0,07	0,00	0,10	0,00
ajoneuvojen luonnonvarojen kulutuksen jakautuminen:				
	MI/km			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
<i>pakettiauton elinkaaren materiaalit</i>	70 228	0	988 662	102 659
per ajettu kilometri (400 000 km)	0,18	0,00	2,47	0,26
<i>kevyen kuorma-auton elinkaaren materiaalit</i>	311 842	0	3 873 554	462 828
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,31	0,00	3,87	0,46
per tavaratonni	0,04	0,00	0,55	0,07
<i>puoliperävaunurekan elinkaaren materiaalit</i>	580 337	0	6 773 274	887 139
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,58	0,00	6,77	0,89
per tavaratonni	0,04	0,00	0,48	0,06
<i>täysperävaunurekan elinkaaren materiaalit</i>	650 747	0	7 822 904	897 381
per ajettu kilometri (1 000 000 km)	0,65	0,00	7,82	0,90
per tavaratonni	0,03	0,00	0,37	0,04
MOOTTORITIE LUONNONVAROJEN KULUTUS				
	MI/ ajoneuvokm			
	abiottinen (kg)	bioottinen (kg)	vesi (kg)	ilma (kg)
pakettiautolla	1,70	0,04	4,68	0,26
kevyellä kuorma-autolla	1,82	0,04	6,06	0,47
puoliperävaunurekalla	2,13	0,04	9,01	0,89
täysperävaunurekalla	2,17	0,04	10,03	0,90
	MI/ tonnism			
kevyellä kuorma-autolla	0,26	0,01	0,87	0,07
puoliperävaunurekalla	0,15	0,00	0,64	0,06
täysperävaunurekalla	0,10	0,00	0,48	0,04

